



El rol de las plantas de cianuración en el negocio del oro del Arco Minero del Orinoco

Mayo, 2022 | Caracas, Venezuela



Contenido

| | | |
|-----|-----------|---|
| PAG | 1 | Resumen ejecutivo |
| PAG | 2 | Introducción |
| PAG | 4 | CAPÍTULO 1 El cianuro y el proceso de lixiviación |
| PAG | 7 | CAPÍTULO 2 Procesos de recuperación del oro |
| PAG | 11 | CAPÍTULO 3 Plantas de beneficio de oro basadas en la cianuración |
| PAG | 15 | CAPÍTULO 4 Las nuevas plantas de recuperación de oro |
| PAG | 22 | CAPÍTULO 5 Localización de las plantas de cianuración |
| PAG | 27 | CAPÍTULO 6 Una visión general del papel de las plantas de cianuración y su impacto en la región |
| PAG | 29 | CAPÍTULO 7 ¿Qué hay detrás de las plantas de cianuración? |
| PAG | 31 | Bibliografía |
| PAG | 37 | Anexos |

Lista de figuras

| | |
|------------------|--|
| PAG 7 | FIGURA 1 Representación esquemática del proceso Merrill-Crowe |
| PAG 9 | FIGURA 2 Esquema general del proceso lixiviación con carbón activado en pulpa (CIP) |
| PAG 9 | FIGURA 3 Esquema general del proceso con carbón activado en lixiviación (CIL) |
| PAG 10 | FIGURA 4 Esquema del proceso de absorción con carbón activado en columnas |
| PAG 10 | FIGURA 5 Esquema general del proceso recuperación de oro mediante lixiviación con cianuro y recuperación con Merrill-Crowe |
| PAG 22 | FIGURA 6 Localización de las plantas procesadoras de oro, en el Estado Bolívar |
| PAG 23 | FIGURA 7 Localización de las plantas procesadoras de oro en El Callao |
| PAG 24 | FIGURA 8 Localización de las plantas procesadoras con respecto a la red de distribución eléctrica en el estado Bolívar |
| PAG 25 | FIGURA 9 Localización del Complejo Industrial “Manuel Carlos Piar” y del Muelle de la Zona Industrial de Matanzas, Puerto Ordaz. Municipio Caroní |
| PAG 27 | FIGURA 10 Imagen del complejo industrial “Domingo Sifontes” El Callao |
| PAG 28 | FIGURA 11 Imagen del complejo Industrial “Manuel Carlos Piar”, Matanzas |

Lista de tablas y gráficos

| | |
|------------------|--|
| PAG 13 | TABLA 1 Capacidad de producción de minas de MINERVEN |
| PAG 13 | TABLA 2 Capacidad de procesamiento de plantas de MINERVEN |
| PAG 16 | TABLA 3 Capacidad de procesamiento nuevas plantas en el Arco Minero (2018-2019) |
| PAG 26 | TABLA 4 Proyectos publicados por el MPP Desarrollo Minero Ecológico para la construcción de Plantas de Cianuración en el AM |
| PAG 21 | GRÁFICO 1 Montos invertidos en la adquisición de compuestos de cianuro por Venezuela y producción de oro |
| PAG 21 | GRÁFICO 2 Producción de oro en Venezuela por tipo de agente |

Resumen ejecutivo

El régimen de Maduro tiene una política bandera para su sostenimiento económico denominada Arco Minero del Orinoco. Esta es una política extractivista que en síntesis pretende obtener el máximo beneficio de la minería, especialmente de la de oro, de la forma más ágil posible, con absoluto desdén por consideraciones ambientales y de ordenación territorial, al sur del Orinoco. La mayor parte del oro venezolano es extraído con procesos de amalgamamiento con mercurio, sustancia altamente tóxica para los humanos y para los ecosistemas, pero que tiene rendimientos relativamente bajos desde el punto de vista minero. Las técnicas de cianuración son mucho más eficientes, pero requieren procesos industriales. Venezuela había tenido experiencias con estos procesos en el pasado, pero recientemente el gobierno ha impulsado en forma inusitada la construcción de nuevas instalaciones para estos procesos de cianuración. Esta investigación busca desentrañar la actualidad del tema de los procesos de cianuración en el estado Bolívar, teniendo como objetivo estimar su verdadero alcance en el marco de la política del Arco Minero y su aporte real en la producción actual aurífera del país. Muy poco o nada se ha dicho sobre las plantas de cianuración en el contexto del Arco Minero. Este informe es un inédito e importante aporte en este sentido.

Introducción

La evolución geológica del territorio venezolano ha permitido la existencia de abundantes depósitos minerales de variada naturaleza. Al norte del Orinoco, los geosinclinales de las cordilleras de la Costa, Andes y Perijá, con su compleja historia de eventos sedimentarios, volcánicos, intrusivos y metamórficos, poseen importantes yacimientos de níquel, plomo, zinc, cobre, titanio, arcillas, asbesto, calizas, magnesita, talco, feldespato, cianita, yeso, dolomita, serpentinita, mica industrial, mármoles, granitos y calizas. Por otra parte, al sur del Orinoco el escudo precámbrico, con su larga historia geológica, es rico en depósitos de hierro, aluminio, dolomita, manganeso, oro, diamante, granitos dimensionales, ocre, tierras raras, torio, cuarzo y caolín (Olivo Chacín, 2007).

Particularmente, la minería de oro ha estado presente desde mediados del siglo XIX (Olivo Chacín, 2007, Rodríguez Mirabal, 2014, Lozada, 2016), al principio como minería artesanal y de pequeña escala. Para 1882 se otorgó la primera concesión y la llegada de las primeras máquinas de vapor para la trituración del cuarzo se registraron para la década entre 1860 y 1870 (Olivo Chacín, 2007; Paülo, 2006). Desde entonces, ha sido una actividad presente en el sur del Orinoco, pero su desarrollo ha sido errático en líneas generales, a pesar de la centralización de un buen parque industrial para el beneficio de oro en manos del Estado que llegó a tener una producción importante.

Producto de una serie de acontecimientos socioeconómicos y políticos el actual gobierno de Venezuela decidió, recientemente, dar un fuerte impulso a una nueva política extractivista, que se manifiesta a través de la promulgación el 24 de febrero de 2016, de un Decreto mediante el cual se crea la Zona de Desarrollo Estratégico Nacional “Arco Minero del Orinoco” con el objetivo de “estimular actividades asociadas a los recursos minerales que posee el país”. De esta manera una extensa zona de 111.843,70 Km², del tamaño de Portugal, ubicada en la margen derecha del río Orinoco, al norte del estado Bolívar ha sido destinada a la explotación minera bajo el control del gobierno central (Venezuela, 2016b). Esta declaratoria, fue inmediatamente cuestionada por distintos sectores del país, poniendo en tela de juicio su validez legal y constitucional al considerarse que a través de este acto administrativo, la Presidencia de la República realizaba este acto no sólo en contra de distintos preceptos y procedimientos legales, sino que lesionaba derechos consagrados en la Constitución Bolivariana de Venezuela y en Convenios Internacionales legalmente suscritos por la República (Provea, 2016; SOSOrinoco 2021, Terán, 2021).

No obstante, el gobierno venezolano continuó, contra toda oposición, en el desarrollo de una estrategia que le permitiese asegurar el control total sobre los recursos minerales, su producción y comercialización o lo que el Ministerio del ramo ha llamado el “control soberano y hegemónico de la cadena productiva minera”. Para ello hicieron movimientos político-administrativos y legales a fin de asegurar ese objetivo. se decretaron varias leyes: en 2014 la “Ley Orgánica que Reserva al Estado las Actividades de Exploración y Explotación del Oro, así como las conexas y auxiliares a éstas” (Venezuela, 2014), derogada un año después (2015) por el “Decreto. 2.165 con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica que Reserva al Estado las Actividades de Exploración y Explotación del Oro y demás minerales estratégicos” (Venezuela, 2015b); el Estado también dictaminó una resolución que establecía la obligatoriedad de venta de todo el oro extraído en el país al Banco Central de Venezuela (Resolución No. 15-06-01 del BCV y el Ministerio de Petróleo y Minería), (Venezuela, 2015a).

El Arco Minero del Orinoco incluyó la militarización de la minería, mediante la creación de la Empresa Compañía Anónima Militar de Industrias Mineras, Petrolíferas y Gas (CAMIMPEG) (Venezuela, 2016a) y, se reorganizó el estamento minero gubernamental con la creación del Ministerio del Poder Popular de Desarrollo de Minero Ecológico, al cual se le adscribieron las compañías mineras estatales existentes, y por último se creó la Oficina Nacional de Fiscalización e Inspección Minera (ONAFIM) (Venezuela, 2016c y 2016e).

El gobierno trabajó en paralelo en tres frentes: la designación o declaración de “minerales estratégicos”, la creación de empresas mixtas para la exploración y explotación de éstos y, el “establecimiento de “Alianzas” con pequeños mineros conjuntamente con la delimitación de áreas de explotación”. Todo eso le permitiría controlar la explotación realizada por los mineros de la pequeña minería, atraer el capital necesario para establecer el parque industrial necesario para el procesamiento del mineral (con la creación de asociaciones o empresas mineras mixtas en donde se aseguraba una participación mínima del 55 %), y asegurar el control de la actividad en toda la cadena productiva.

Por otro lado, se ratificó la prohibición del uso de mercurio en las actividades mineras (Decreto No. 2.412, de agosto de 2016 -Venezuela, 2016d-), que proscribía el uso, tenencia, almacenamiento y transporte del mercurio como método de obtención o tratamiento del oro y cualquier otro mineral metálico y no metálico. Este decreto de alguna forma ratificó el Decreto No. 1470 de 1991 (que prohíbe el uso de mercurio en las operaciones de extracción y preparación de material aurífero, tanto en operaciones en tierra como en balsas -Venezuela, 1991-). Este movimiento hace presumir que más que una medida dirigida a salvaguardar la salud de los ciudadanos y del ambiente en general, se trató de una medida para garantizar que el beneficio o procesamiento del mineral crudo se realizara únicamente a través de las plantas procesadoras basadas en la obtención del oro por lixiviación con cianuro. Tales plantas se multiplicarían con la inversión de las empresas mixtas, en el marco de una estrategia para extraer la mayor cantidad de oro posible y la generación rápida de recursos.

En este sentido, para entender adecuadamente el impacto que genera la construcción y puesta en operación de “plantas de cianuración” en Venezuela, es importante mostrar y entender el proceso mismo, no sólo porque ello permitirá ponderar el grado de inversión requerido, sino también el conjunto de elementos que interfieren o condicionan la efectividad del proceso en la obtención del oro, sus equipos e insumos y, no menos importante, sus productos y residuos (efluentes) que requieren de tratamiento especial para disminuir su impacto sobre el ambiente y la población.

Esta investigación tuvo por objetivo ubicar sobre el terreno, y mediante verificación con imágenes de satélite, las plantas de cianuración existentes en el estado Bolívar, averiguar sus capacidades de producción, indagar sobre sus procesos, y estimar, en lo posible, sus potenciales aportes a la producción de oro del Arco Minero. Paralelamente, se buscó indagar sobre el potencial impacto ambiental de estas instalaciones.

Para lograrlo se acometió una búsqueda sistemática en internet con palabras clave y específicas a los nombres de las instalaciones. Se analizó información periodística y documentos técnicos y académicos. Se entrevistaron a actores relevantes locales vinculados con esas plantas. Se vació la información básica en una base de datos (anexo 1) y se geo-referenció en lo posible. Las plantas fueron analizadas con imágenes de satélite, a fin de complementar información pertinente.



CAPÍTULO 1

El cianuro y el proceso de lixiviación

CAPÍTULO 1

El cianuro y el proceso de lixiviación

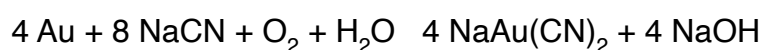
Si bien son muchas las razones por las cuales el ser humano le ha asignado un gran valor al oro (sus propiedades físicas, ductilidad, maleabilidad, facilidad para crear aleaciones con otros metales, conducción de calor y electricidad, propiedades termoeléctricas y electrónicas, e incluso ópticas), una de las razones determinantes lo constituye su resistencia a la corrosión, no solo la del ambiente, sino a una gran variedad de agentes químicos e incluso a las altas temperaturas; una de las excepciones es su comportamiento ante el cianuro, que en solución es capaz de disolverlo (Zabaleta, 1999, Logsdon, *et al*, 2001).

El término “cianuro” es generalmente utilizado para referenciar a una familia de compuestos químicos que se caracterizan por tener un anión monovalente, estructurado por un átomo de carbono unido a un átomo de nitrógeno mediante un enlace triple (Moran, 1999, Gaviria y Meza, 2006), entre los cuales los más comunes son el cianuro de hidrógeno o ácido cianhídrico (HCN) y, a sus sales: cianuro de sodio (NaCN), cianuro de potasio (KCN). No obstante, existen más de 2000 fuentes naturales de cianuro, pudiendo encontrarse en distintas especies de bacterias, algas, hongos, artrópodos, insectos y plantas superiores. Además, está presente en diversas fuentes antropogénicas, desde el humo del cigarrillo hasta la sal común. Es producido y comercializado a nivel mundial con fines industriales diversos, desde la fabricación de nylon y plásticos hasta aplicaciones fotográficas o la producción de goma sintética; también resalta su uso en minería, en metalurgia para el endurecimiento del acero, como componente de insecticidas y rodenticidas, en farmacología y como aditivo en material quirúrgico (Eisler, 1991, Logsdon, *et al*, 2001).

Del total de cianuro producido mundialmente, estimado en alrededor de 1,5 millones de toneladas, entre el 18% y el 20% es utilizado en la minería, principalmente para la recuperación de oro, lo que significa una cantidad aproximada de 300.000 toneladas de cianuro al año (Logsdon, *et al*, 2001; Álvarez, 2005; González, 2017, Cipriani, 2022).

En general el proceso convencional de cianuración de oro comprende una lixiviación del material mineral, bien sea por “pilas” o por “agitación”, con subsecuente precipitación con zinc, y finalmente una refinación al fuego (ver figura 1). En 1950 se retoma el interés por el uso del carbón, previamente utilizado en los procesos de lixiviación con cloro, al desarrollarse los procesos de elución (separación del carbón) y electro-obtención, permitiendo la reutilización del carbón y la incorporación en el proceso una etapa de purificación, llevando a una aplicación generalizada de la tecnología de pulpa (material mineral hidratado en solución para el lixiviado) con carbón para la década de 1980. La introducción de resinas de intercambio iónico, debido a su mayor capacidad de adsorción de los iones metálicos, en comparación con el del carbón activado y la inclusión de operaciones de filtración, no han sido adoptadas debido a que el carbón activado es un material mucho más barato de fabricar y es más selectivo, y no requiere la costosa operación de filtración (Habashi, 2005).

La química involucrada en la disolución de oro por cianuración es en general descrita por la ecuación de Elsner:



El oxígeno es necesario para la disolución, la cual sería muy lenta en su ausencia. Los oxidantes químicos, tales como el peróxido de sodio, permanganato, ferrocianuro de potasio y ozono han sido empleados pero su uso no ha sido ampliamente adoptado. La concentración de la solución es usualmente cerca de 1 libra de cianuro (NaCN equivalente) por tonelada de solución (agua) para la mayoría de los minerales de oro. Los concentrados auríferos, obtenidos por concentración gravimétrica o flotación, son frecuentemente tratados con concentraciones de soluciones más altas. Es esencial usar una solución alcalina para proveer una “alcalinidad protectora” en la solución de cianuro, por ejemplo, se mantiene un rango de pH de 9 a 11, aunque es ampliamente aceptado que el pH de 11 es el más efectivo y seguro. La presencia de elementos como el cobre en el mineral reaccionan con el cianuro causando un consumo anormal y afectan la disolución o precipitación de oro y plata. Los minerales sulfurados son oxidados en alguna medida durante una lixiviación por cianuración, causando un consumo de ácido y cianuro. El ácido neutraliza la cal resultando en un consumo de ácido alto. Los minerales de arsénico y antimonio inhiben la disolución de oro y plata en cierta medida (Universidad Nacional de Jujuy, 2012).

En general el proceso de cianuración se ha mantenido prácticamente sin cambios desde su descubrimiento, pero se han producido enormes avances de ingeniería, lo que lo ha hecho muy eficiente, favoreciendo el desarrollo de diseños industriales particulares en función de la naturaleza del material a procesar, las características del área en que se localiza la planta, la disponibilidad de agua y energía para el proceso, y los riesgos ambientales y de seguridad involucrados en el manejo de sustancias peligrosas (Angove, 2005, Ryan *et al.* 2005). No obstante es, sin lugar a dudas, la naturaleza o característica particular del mineral el factor determinante para lograr un diseño de beneficio eficiente y económicamente rentable.

En el anexo se presenta un resumen de los procesos industriales más conocidos. Todos ellos presentan la desventaja de estar expuestos a la intervención de las condiciones climáticas, tanto la evaporación por exposición al sol, como la lluvia, que pueden interferir el proceso de lixiviado afectando su eficacia y rendimiento (Kappes, 2005), lo que suele descartar estos métodos en zonas de gran precipitación e insolación como los de la Guayana venezolana. Aquí presentamos una breve reseña del proceso general considerado como el más adecuado para la situación venezolana: la lixiviación por agitación.

Esta consiste en promover la disolución del mineral mediante la agitación del material en contenedores especiales (tanques de agitación), lo que permite modificar las condiciones fisicoquímicas del proceso. La agitación del material puede ser mediante un sistema de inyección de aire o por acción mecánica. Los tanques de agitación mecánica, suelen tener un volumen de alrededor de 180 m³, usualmente presentan deflectores y están equipados con turbinas tipo hélices, mientras que los tanques de agitación por presión de aire son cilíndricos y miden alrededor de 7 metros de diámetro y 14 metros de alto, con fondo cónico, a través del cual es inyectado el aire, que oxigena y levanta la pulpa. El material debe haber sido muy bien triturado, por lo que se emplean molinos de bola en húmedo, por lo general con la solución cianurada. La agitación de la mezcla suele ser intensa y estar seguida de una etapa de lavado en contracorriente a los sólidos, con el objeto de recuperar la mayor cantidad de solución cargada. De no realizarse, se hace un lavado de colas en filtros de vacío, lo que permite recuperar importantes volúmenes de agua y evita la dilución excesiva de las soluciones ricas. El proceso reduce los tiempos de proceso (generalmente menos de 24 horas). Este método permite airear la mezcla mejorando la cinética de la reacción, e incluso variar la temperatura y presión de proceso, logrando recuperaciones de entre 75% y 90%, lo que compensa los altos costos de inversión y operación relativos, que involucran una mayor molienda y la adecuación de equipos especiales para el

proceso (agitadores, aireadores, filtros, etc). La solución rica es luego tratada en la planta de recuperación. Una variante incorpora a la agitación la posibilidad de variar la temperatura y la presión, lo que incrementa la solubilidad y la velocidad de reacción, sin embargo, los incrementos de costos asociados al equipamiento y mano de obra calificada han limitado en general su adopción generalizada (Mas, *et al* 2005; Universidad Nacional de Jujuy, 2012; Ahumada, 2019; Poblete, 2019).

Este método al permitir un mejor y mayor control del proceso, da pie a la incorporación de mejoras importantes en favor de aumentar la eficiencia en la obtención del mineral. Un ejemplo de ello fue la incorporación al proceso del uso del carbón activado (CA) al proceso de lixiviación. En este sentido, Mas *et al.* (2005) refieren cómo la incorporación del método de carbón en pulpa (CIP) logró un incremento en la recuperación del oro, respecto al método convencional del 89,3% al 91,7% para un tiempo de lixiviación de 70 horas. Por su parte, Staunton (2005) compara el impacto de la introducción del carbón activado en la recuperación de oro de soluciones de lixiviación, en sustitución de la cementación con zinc (Merrill-Crowe), con la revolución que en su momento causó en la industria el uso del cianuro; todo ello en virtud de que tanto el método de carbón en pulpa (CIP) como el de carbón en lixiviación (CIL) permiten tratar minerales problemáticos y de baja ley (como aquellos con alto contenido de arcillas) con capitales más bajos, con costos operativos accesibles y una mayor recuperación del oro. Su aparición en tiempo de la desregulación de los precios a mediados de 1970, permitió una gran expansión de la industria, logrando que en un periodo de 10 a 15 años la nueva tecnología fuera probada e implementada en toda la industria.



CAPÍTULO 2

Procesos de recuperación del oro

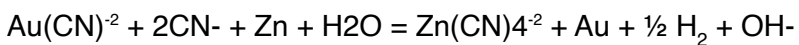
CAPÍTULO 2

Procesos de recuperación del oro

Luego de finalizada la lixiviación (en cualquiera de sus modalidades), la solución rica o solución cargada es llevada a un proceso de recuperación con el fin de separar los metales del cianuro, y su posterior fundición para la obtención del “doré”, en el caso del oro. El proceso convencional lo constituye el conocido como de cementación con zinc o proceso Merrill-Crowe.

Proceso Merrill-Crowe

La precipitación de oro con zinc o sistema de recuperación por cementación, se basa en el desplazamiento del oro por el zinc en su unión con el ion cianuro, y la recuperación de los metales en precipitado por posterior filtración. La reacción puede ser representada por la siguiente ecuación:



Este sistema consiste en cuatro operaciones (figura 1):

1. Clarificación de la solución rica en oro y plata.
2. Desoxigenación de la solución.
3. Adición de polvo de zinc a la solución rica.
4. Recuperación del precipitado (Zn , Ag , Au) por filtración y descarte de solución estéril (Barren).

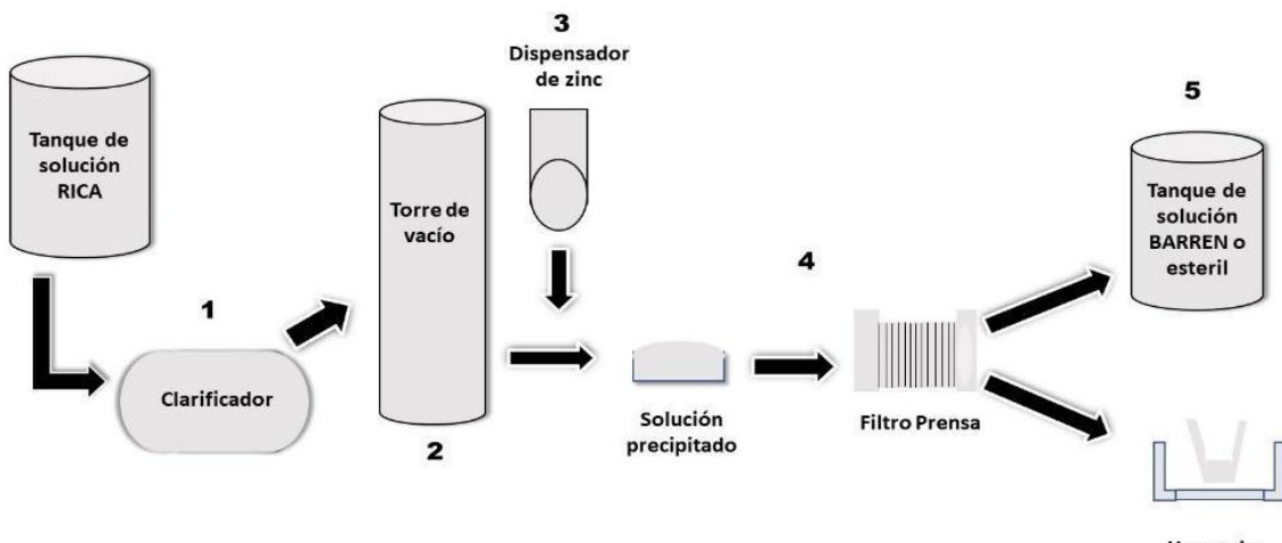


Figura 1. Representación esquemática del proceso Merrill-Crowe.

Fuente: Modificado de Heredia y Zapata, 2015.

La clarificación de la solución cargada antes de la precipitación es esencial para la eliminación de iones suspendidos que cubren las partículas de zinc y retardan la reacción de precipitación. La desoxigenación en la cámara de vacío también es importante para prevenir la disolución del oro precipitado. Por otra parte, cuando existen excesivas cantidades de iones cianuro en la solución resultará en un excesivo consumo de zinc, siguiendo la ecuación: $Zn + 4 CN^- + 2 H_2O = Zn(CN)_4^{-2} + 2 OH^- + H_2$, lo que puede ser resuelto mediante la adición de sales de plomo solubles, como el acetato de plomo o el nitrato de plomo, para formar un par zinc-plomo el cual exhibe una mayor actividad como precipitante que el zinc solo, ayudando así a un mejor rendimiento del metal en el proceso y a la minimización de las pérdidas (Universidad Nacional de Jujuy, 2012).

Otros procesos de recuperación del oro de la solución cargada, luego de la lixiviación, han sido desarrollados, tales como el uso de resinas de intercambio iónico, extracción con solventes -elución-, adsorción con carbón activado. De estos, el proceso que ha resultado realmente exitoso ha sido el de adsorción con Carbón Activado (Van der Merwe, 1991; Staunton, 2005; Gasca Torres, 2016).

Adsorción con carbón activado (CIL y CIP)

El uso de carbón activado (CA) para la adsorción de oro de una solución rica o cargada luego de una lixiviación con cloro fue conocida desde 1880, y a partir de soluciones cargadas cianuradas en 1894. Sin embargo, su uso no fue viable sino hasta 1950 con el desarrollo de los procesos de elución y electro-obtención, permitiendo la reutilización del carbón y la incorporación en el proceso de una etapa de purificación (Piret y Shoukry, 1990; Habashi, 2005; Staunton, 2005; Gasca Torres, 2016).

Un aspecto importante es la selección del Carbón Activado a utilizar ya que sus características físicas y químicas particulares tendrán un impacto significativo en la recuperación de oro. La adsorción de complejos de cianuro de oro en las partículas porosas de carbón implica la difusión en los poros y la atracción en los sitios activos, razón por la cual la mayoría de los procesos utilizan carbón activado granular de cáscara de coco o carbón extruido a base de turba (Staunton, 2005; Gasca Torres, 2016).

Dos configuraciones son las más comunes en la industria y su elección depende de las características del mineral a procesar. En la primera, o método de Carbón Activado en Pulpa (CIP), se hace pasar la pulpa (material mineral triturado) cianurada por el carbón activado en contracorriente. En la segunda, conocida como Carbón Activo en Lixiviación (CIL), se agrega el carbón activado a la pulpa junto con el agente lixivante (Poblete, 2019). En ambos casos los procesos son llevados a cabo en un modo turbulento de agitación de la pulpa, manteniendo a un valor de pH no mayor a 10,8 y a bajas concentraciones de cianuro de sodio, esto último a los fines de reducir los costos de lavado o desintoxicación de la pulpa durante el proceso (Gasca Torres, 2016).

El método de carbón activado en pulpa (CIP)

Consiste en la incorporación, luego del tratamiento de la pulpa con el cianuro, en el proceso de lixiviación por agitación, de un conjunto adicional de tanques en serie a través de los cuales se hace fluir la pulpa cianurada en contracorriente del carbón activado. La pulpa fluye a través de una serie de pantallas de lavado entre etapas (tanques), cada una colocada un nivel más bajo que la anterior. La pulpa "estéril" es descartada luego de la última etapa. El carbón cargado es retenido por mallas, siendo bombeado por lotes en dirección opuesta; así, el carbón cargado del primer tanque es tamizado y lavado antes de ser transferido a la sección de extracción o elución (Van der Merwe, 1991; Poblete, 2019). La figura 2 muestra una representación esquemática del proceso.

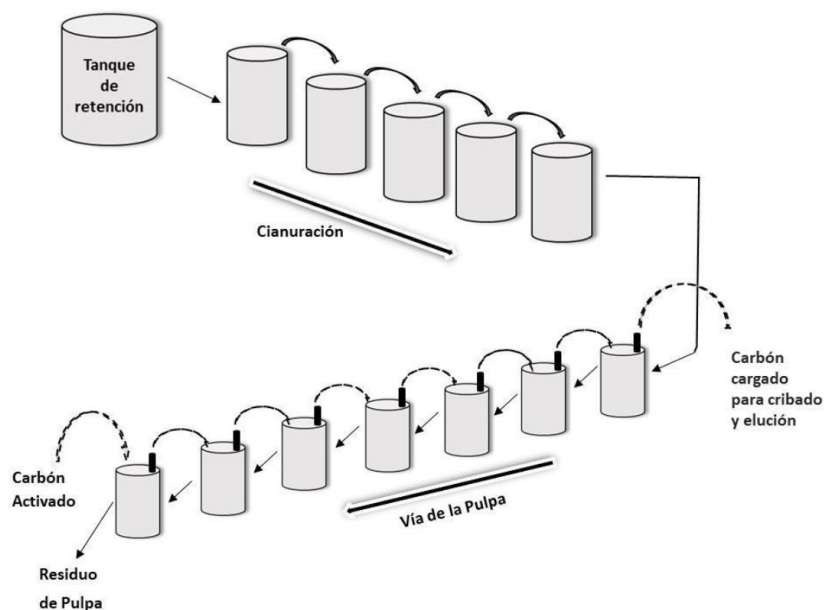


Figura 2. Esquema general del proceso lixiviación con carbón activado en pulpa (CIP).

Fuente: SOS Orinoco.

El método de carbón en lixiviación (CIL)

Se diferencia del anterior en que el carbón activado es añadido durante el proceso de cianuración, promoviendo la ocurrencia simultánea de la lixiviación y la adsorción en los tanques de agitación. En esta modalidad los tanques están equipados con rejillas de retención del carbón activado "cargado" para su posterior paso a la sección de elución (Piret y Shoukry, 1990; Poblete, 2019). Una ventaja de este método respecto al CIP, es su mayor eficacia en materiales arcillosos. La figura 3 muestra una representación esquemática de este proceso.

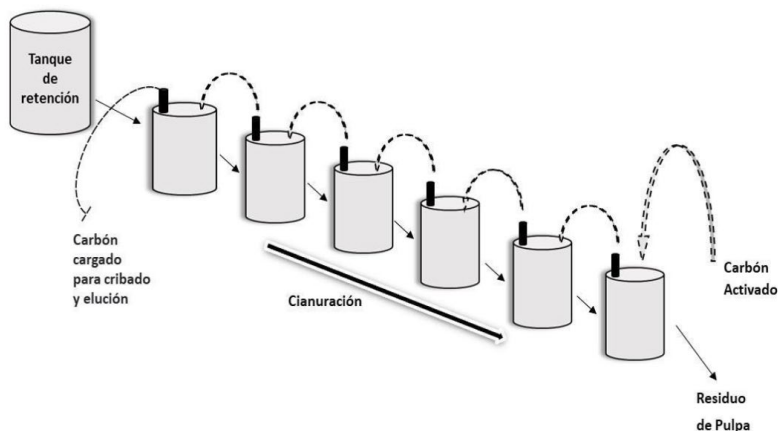


Figura 3. Esquema general del proceso con carbón activado en lixiviación (CIL).

Fuente: SOS Orinoco.

Proceso carbón en columna (CIC)

Consiste en una variante de los procesos con carbón activado, en ella la solución que sale del proceso de lixiviación (solución rica) es bombeada en forma secuencial a columnas con carbón activado, en donde el complejo oro-cianuro es absorbido en los espacios intersticiales del carbón. Este proceso considera la carga (adsorción) y descarga (elución) del carbón para finalmente llevar la solución con alto contenido de oro a electro-obtención (Poblete, op cit). La figura 4 muestra un esquema de este proceso.

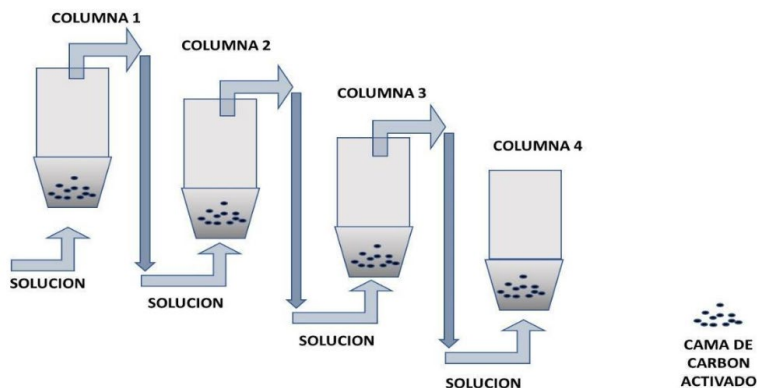


Figura 4. Esquema del proceso de absorción con carbón activado en columnas.

Fuente: SOS Orinoco.

Los distintos procesos generales mostrados podrán presentar variaciones importantes dependiendo de la particular naturaleza del material aurífero a ser tratado, es decir de sus características físico químicas y de los minerales asociados. Entre los factores importantes a tener en cuenta están: el grado o ley del mineral, la solubilidad del valor metálico, la cinética de la disolución, el consumo del reactivo, el tamaño de la operación y el tipo de los minerales, entre otros. Esto determina a su vez el tipo de equipamiento necesario para el adecuado diseño y funcionamiento de una planta de cianuración eficiente y productiva.

En Venezuela no se conocen experiencias que involucren métodos distintos a la lixiviación con agitación, por lo que se presenta en la Figura 5 el diagrama de flujo de la planta “tipo” que sigue el proceso convencional de recuperación o beneficio del oro mediante cianuración. Esta comprende una etapa de triturado, una lixiviación del material mineral, por agitación, lo que incluye un conjunto de pasos de concentración y clarificación de la solución “rica”, y luego la subsecuente precipitación con zinc, o carbón activado, para finalmente ir a una fase de refinación por fundición.

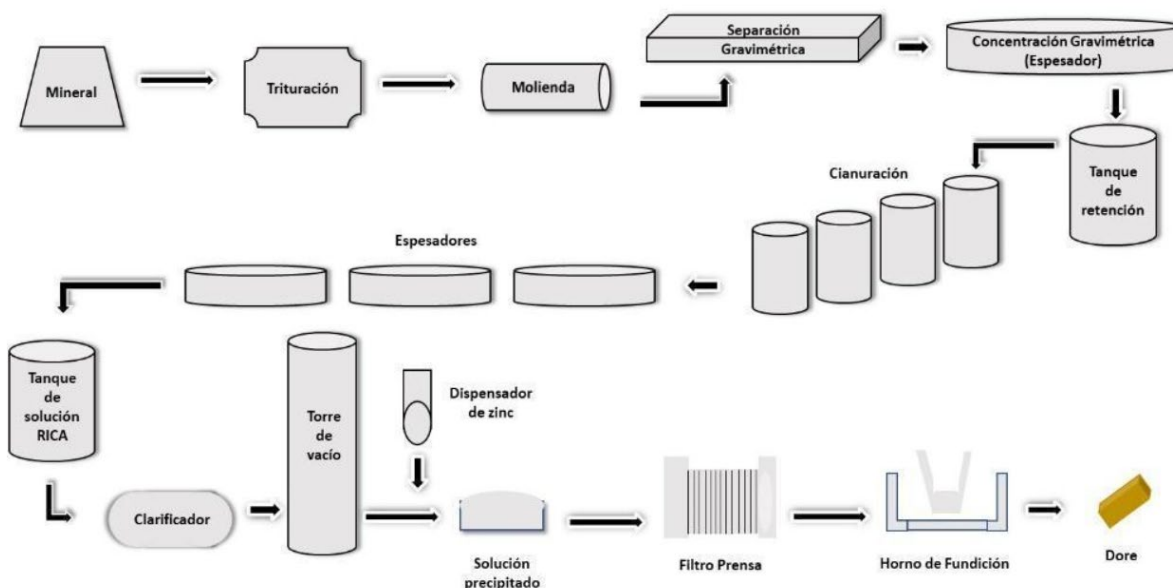


Figura 5. Esquema general del proceso recuperación de oro mediante lixiviación con cianuro y recuperación con Merrill-Crowe.

Fuente: SOS Orinoco.



CAPÍTULO 3

Plantas de beneficio de oro basadas en la cianuración

CAPÍTULO 3

Plantas de beneficio de oro basadas en la cianuración

A medida que la construcción de plantas de cianuración se generalizó, se realizaron mejoras sustantivas con la incorporación de equipos desarrollados “ad hoc”. En 1893 se introdujeron la agitación y el filtrado; en 1895 se incorporó el “tostado” de minerales de sulfa-teluro; el uso del filtro prensa se inició en 1897; la molienda en tubos en 1898. Entre 1903 y 1905 se desarrollaron y patentaron filtros de succión, de vapor y de succión giratorio. El auge era tal que para 1906 se registró un consumo mundial de cerca de diez mil toneladas de cianuro de potasio (Mann, 1909).

En Venezuela, se introdujo esta tecnología entre 1928 y 1936, por medio de la New Goldfield de Venezuela en El Callao, llegando a contar con una planta de cianuración y flotación, con una capacidad de molienda y procesamiento de 600 toneladas por mes (Millán, 2015; Berrio Serrano, 2021). New Goldfield de Venezuela paralizó sus actividades en 1945 por la imposibilidad de conseguir repuestos para sus molinos y plantas, y sus equipos y derechos fueron adquiridos por la Guayana Mines Ltd, que rehabilitó los equipos y se mantuvo en producción hasta 1950. Ese año, enfrentó problemas financieros, asociados con la prohibición de exportación de fondos de la Junta de Control de Canadá, lo cual desencadenó la expropiación por parte del Gobierno venezolano y la creación de la Compañía Mocca. Pero ésta cerró en 1966 debido a una administración ineficaz que condujo al deterioro de los equipos y a las pérdidas ocasionadas por una mano de obra muy cara y la ejecución de prácticas mineras deficientes (Millán, 2015).

Durante una década la planta de Mocca se mantuvo en operaciones, arrendada por el Sindicato Patrono Minero (SPM), integrada por mineros locales, en 1958. En 1976 se creó la empresa Venezolana del Oro, C.A. (VENORCA), con el propósito de rehabilitar la planta de cianuración, logrando alcanzar una producción de 8 toneladas de oro en 1980 (Berrio Serrano, 2021).

Luego de haber realizado los estudios de exploración, diseño e instalación de la infraestructura y servicios necesarios, la Compañía General de Minería de Venezuela, C.A. (CVG MINERVEN) creada en 1970, inició la producción en 1981 en la nueva planta de cianuración de Caratal. Ese año procesó 77.520 toneladas de material aurífero (30% de su capacidad instalada) y produjo 234,3 kilogramos de oro. El periodo entre 1980 y 1984, se caracterizó por el inicio de los trabajos de exploración y explotación, pero el trabajo de la planta apenas alcanzó un 29% de su capacidad nominal, aumentando su operación y recuperación de oro hacia finales de 1985, una vez resueltos algunos problemas operativos y de diseño (Herrera, 2017). MINERVEN logró producir 124,83 toneladas de oro entre 1980 y 1998 (Sarti, 2010; Millán, 2015; Lanz, 2016, Berrio Serrano, 2021). La Planta Caratal contaba con capacidad instalada de 700 ton/día y procesaba material de un tenor promedio de 11 g/ton, proveniente principalmente de la mina Colombia.

A partir de 1994 la empresa VENORCA se fusionó con CVG MINERVEN, por lo que esta última tomó la administración de la mina Unión (a cielo abierto) y de la planta de procesamiento “El Perú” cuya capacidad es de 450 ton/día, la cual en conjunto con la planta Caratal, le daba una capacidad total de procesamiento de 1.150 ton/día (Vrotnesky, 2001; Herrera, 2017). Adicionalmente pasó a controlar el material de productores del libre aprovechamiento y de pequeños concesionarios de 230 vetas de cuarzo, pirita aurífera y oro nativo (Millán, 2015). Durante el periodo entre 1994 y 1999, MINERVEN atravesó un periodo conflictivo, en donde

tuvo que enfrentar una serie de dificultades financieras, técnicas y conflictos laborales que mermaron su capacidad productiva, hasta que el aumento de los precios del oro a partir de 1999 le permitió consolidarse financieramente para el 2010, así como mejorar sus instalaciones y atender las demandas socioeconómicas de sus trabajadores (Sarti, 2010).

En 2008 CVG MINERVEN pasó a controlar la planta Remevin II (“Capitán Eduardo Vera”), producto de la reversión de la concesión que mantenía la Empresa Canadiense “Remevin”. Esta planta, con una capacidad de procesamiento de 1.500 ton/día, tiene la particularidad de haber sido diseñada originalmente para procesar arenas de las colas de bajo tenor de la quebrada Mocupia y de los molinos Venorquistas de mucho mejor tenor, a través de un proceso de cianuración con carbón activado en pulpa (CIP). Pero en la práctica, la planta fue dirigida al procesamiento de material de cuarzo aurífero proveniente de las minas de MINERVEN. De hecho, al año siguiente se aseguraría el suministro de mineral para la planta, al haber sido rescindido el convenio de rehabilitación, operación y transferencia de la Mina Sosa Méndez que se tenía con la empresa Jinyan de Venezuela C.A., lo que le permitió a CVG MINERVEN alcanzar para ese momento una capacidad de procesamiento de mineral en de 2.650 ton/día (Sarti, 2010; Rojas, 2014; Millán, 2015).

No obstante, esta aparente “productividad” estuvo acompañada de denuncias referidas a problemas en la adecuación tecnológica de la Planta Caratal, que buscaba un cambio en el proceso de recuperación de oro, de Merrill-Crowe a carbón activado. Paralelamente se produjo “una campaña sindical con paros y sabotaje desde 2010” porque los trabajadores afirmaban que tenían reclamos legítimos ante su situación laboral que involucraba la falta de maquinarias e insumos de trabajo y seguridad, así como señalamientos de “malos manejos y corrupción” en los niveles gerenciales de la empresa (Transparencia Venezuela, 2018).

Esta situación fue la excusa para explicar una disminución de más del 60% de la producción entre el 2009 (4.261,3 kg de oro) y el 2010 (1.647,7 kg de oro) (Reuters, 2011; Transparencia Venezuela, 2018). Esta reducción se revertiría en 2011 con un pequeño incremento del 9%, cuando la producción alcanzó los 1.800 kg de oro, pero se acentuó en 2012 cuando apenas logró producir 1.400 kg de oro, pese a la incorporación de nuevas plantas de procesamiento producto de la nacionalización del oro (Ramírez Cabello, 2013).

En 2012 el gobierno de Venezuela tomó el control de las Plantas Choco y La Camorra, como parte de los activos en litigio con la empresa canadiense Rusoro.

Estas plantas contaban con fuentes de material mineral (minas) capaces de suministrar 938.520 ton/mes (tabla 1) y capacidad para procesar 14.800 ton/día (tabla 2), siendo MINERVEN la única empresa autorizada para producir oro en Venezuela (Rojas, 2014; CIADI, 2016; Lanz, 2016).

| Mina | Capacidad procesamiento (ton/mes) | Tipo de mina |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| Colombia | 25.560 | Subterránea (Rampa/Vertical) |
| Sosa Méndez | 9.800 | Subterránea (Vertical) |
| Unión | 93.200 (51.000 saprolita -roca erosionada del perfil más profundo del suelo- + 42.200 roca) | Cielo abierto |
| Hansa | 2.2600 (saprolita) | Cielo abierto |
| Rosika, Coacia, Pisolita, Capia | 771.000 (promedio de las minas) | Cielo abierto |
| Isidora | 5.410 | Subterránea (Rampa/Vertical) |
| Simón Bolívar | 10.950 | Subterránea (Rampa) |

Tabla 1. Capacidad de producción de minas de MINERVEN.

Fuente: Tomado de Rojas (2014).

| Plantas de procesamiento de mineral | Capacidad (ton/día) | Tipo de procesamiento |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Planta Caratal | 700 | Merrill Crowe |
| Planta Perú | 400 | Merrill Crowe |
| Capitán Eduardo Vera (Remevin II) | 1500 | Carbón activado |
| Choco | 3500 (roca) 7200 (saprolita) | Carbón activado |
| La Camorra | 1500 | Carbón activado |

Tabla 2. Capacidad de procesamiento de plantas de MINERVEN.

Fuente: Tomado de Rojas (2014).

Este aumento de MINERVEN en sus capacidades no se reflejó en un incremento de la producción, la cual continuó en declive (la producción de oro en 2015 apenas alcanzó 430,75 kg) y refleja el deterioro de la gestión de la empresa: se paralizó la inversión en exploración y nuevas explotaciones, las plantas trabajaban a no más del 35% de su capacidad, se paralizó el proceso de adecuación de la planta de Caratal para trabajar con carbón activado, se aumentó la nómina de trabajadores, se denunciaron robos de equipos y desmantelamiento de las Plantas Perú y Remevin II (estimados en 20 y 10 millones de dólares estadounidenses). Todo ello colocó a la empresa en una situación crítica, al punto de denunciarse que sólo un tercio de los 4.500 trabajadores asistían a las instalaciones y que su nueva función en el contexto del Arco Minero era servir de simple centro de acopio para la producción de la pequeña minería, incluso se estima que desde 2018 se encuentra técnicamente cerrada, aunque esto no ha sido formalmente declarado (Transparencia Venezuela, 2018).

De esta manera, la infraestructura de explotación y procesamiento del oro desarrollada durante el último tercio del siglo XX, tanto por el Estado venezolano como por las distintas empresas privadas, fueron abandonadas o desmanteladas a raíz de su deterioro por falta de mantenimiento adecuado, no quedando muy claro las razones por las cuales no fueron utilizadas, reactivadas y equipadas adecuadamente como parte de esa renovación del parque industrial aurífero que se planteó el gobierno venezolano con el fin de impulsar la minería como un motor de la economía nacional. Esto despierta sospechas sobre el por qué de la inversión en construcción de nuevas instalaciones de procesamiento, en lugar de haber acometido el rescate de las ya existentes.

En tal sentido hay tres factores que deben ser tomados en cuenta: el primero (y tal vez determinante) es la dependencia de las nuevas infraestructuras industriales (parte de las cuales son las “plantas”) de material ya procesado, es decir, de “arenas de cola” residuales de procesos anteriores (mercurio), que por lo general son de tenores bajos, y que son, sin lugar a dudas, un material de muy bajo costo y de relativamente rápido rendimiento. El segundo es la instauración de un modelo de negocio de baja inversión, poco riesgo y relativas grandes utilidades, a expensas del trabajo de los pequeños mineros. El tercero lo constituye la utilización de las nuevas infraestructuras industriales como núcleos de control económico sobre las áreas mineras, en virtud del ya nombrado “control soberano y hegemónico de la cadena productiva minera” que el gobierno se ha propuesto instaurar. Los dos primeros factores no contribuyen a una estrategia para conducir a la actividad minera como una industria sólida y productiva, capaz de contribuir al desarrollo local, regional y nacional.



CAPÍTULO 4

Las nuevas plantas de recuperación de oro

CAPÍTULO 4

Las nuevas plantas de recuperación de oro

Uno de los elementos centrales de la nueva estrategia gubernamental para el control del negocio del oro en Venezuela es el desarrollo de centros de acopio y procesamiento del material aurífero producido por los pequeños mineros (tanto los de oficio como los oportunistas), y los “molineros” (operadores que trituran el material mineral, tradicionalmente para el proceso de amalgamamiento con mercurio, y que no extraen material directamente), quienes encuentran en la recolección y transporte de las arenas residuales de viejos procesos de explotación un material de fácil recolección y rápida ganancia, tanto para el minero como para las plantas de cianuración. Estas son además construidas en asociación con capital privado bajo la figura de “empresa mixta”.

En el discurso oficial, esta estrategia obedece al impulso de un cambio tecnológico que busca sustituir eficazmente el uso del mercurio por el cianuro en los procesos de recuperación de oro en la minería venezolana. Se trata del desarrollo de las pautas establecidas en el Primer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación (Plan de la Patria 2013-2019) y que son reiteradas en el Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación (Plan de la Patria 2019-2025), enfocado para la actividad minera a través del Plan Sectorial Minero 2019-2025. Esto justifica la instalación de nuevas plantas de recuperación de oro mediante lixiviación con cianuro y recuperación con carbón activado y elución, bajo la premisa de una mayor eficacia en relación con otros métodos de recuperación (proceso Merrill-Crowe y amalgamación con mercurio) y más aún como una forma de “asegurar la preservación de los ecosistemas, la integridad territorial y la soberanía” (MPP para Desarrollo Minero Ecológico, 2017).

Como mostraremos en este informe, si bien la cianuración es mucho más segura ambientalmente a largo plazo, requiere de una serie de cuidados y previsiones que no han podido ser evaluados aquí, principalmente debido al hermetismo oficial en torno a todo lo que tiene que ver con instalaciones, procesos, medidas preventivas, protocolos de seguridad y previsiones ante posibles accidentes (derrames, roturas de diques, etc).

En este sentido, es pertinente mencionar que fue imposible conseguir los Estudios de Impacto Ambiental y Sociocultural que obliga la Ley a ser desarrollados y socializados como condición previa a la ejecución de obras o instalaciones de este tipo. No sólo es importante esto por la toxicidad del cianuro sino por las de otras sustancias reactivas, ácidas y alcalinas, que son susceptibles de causar impactos severos al ambiente y la salud, y además por la necesidad de estimar la demanda de energía, agua, suelos, vías de comunicación, y demás servicios, que requiere el adecuado funcionamiento de este tipo de industria. Todo ello debe ser considerado y sopesado en un estudio de impacto ambiental y sociocultural.

Por otra parte, si bien tampoco hay fuentes que revelen la inversión real en cada uno de los proyectos hasta ahora ejecutados (una suma razonable por planta estaría en el orden de los 9 millones de dólares para el equipamiento, estimado en función de la poca información recabada), el Plan Sectorial Minero 2019 -2025 prevé para ello una erogación de 6.023 millones de euros (alrededor de 6.755 millones de US\$¹). Como referencia, el presupuesto nacional de Venezuela para 2021 fue de 8.138 millones US\$, mientras que la inversión estimada para ese año, sólo para las actividades que involucran el aprovechamiento del oro, era 1.242 millones de US\$ (15% del presupuesto nacional). No hemos logrado encontrar los relacionados con salud o educación correspondientes a ese ejercicio fiscal, para compararlos.

¹ Tasa CUEX para el 31/12/2019: <https://cuex.com/en/eur-usd>

En tal sentido se esperaría que el gobierno previera altos dividendos en función de la inversión realizada; sin embargo, el declive de las Reservas Internacionales, el alto servicio de la deuda, y las penalizaciones e indemnizaciones por la pérdida de los litigios en el Centro Internacional de Arreglo de Diferencias relativas a Inversiones (CIADI, 2016) (que para 2017 alcanzaba la cifra 7.292 millones de US\$), hacen pensar que el oro, no es buen negocio para Venezuela, debido principalmente a equivocadas decisiones políticas, técnicas y económicas.

Por otra parte, la gran inversión para estas nuevas infraestructuras no parecen estar relacionadas a una inversión equivalente en la explotación de las minas. Esto sugiere que su rentabilidad no está asociada al desarrollo de la actividad minera per se a largo plazo, sino al aprovechamiento coyuntural de una gran cantidad de mineral residual que se ha ido acumulando en décadas de explotación y aprovechamiento parcial (dependiendo de la técnica la recuperación, ésta se encontraba entre el 30% y el 80% del oro del material aurífero primario). Esta acumulación ha dejado una gran cantidad de “arenas” con bajo tenor (entre 1 y 4 g/ton de material), lo que sin duda hace atractivo su procesamiento, considerando que no tienen gastos asociados de exploración ni explotación.

Veamos esto un poco más en detalle. De acuerdo a la información que pudo ser levantada, principalmente a través de declaraciones y publicaciones oficiales, la capacidad de procesamiento de material aurífero de las nuevas plantas (principalmente arenas residuales) ha alcanzado 4.020 ton/día (tabla 3), que históricamente significa un retroceso en la capacidad de procesamiento del 30% respecto a la capacidad instalada con la que contaba MINERVEN antes de su abandono (tabla 2).

| Plantas de procesamiento de mineral | Capacidad (ton/día) | Tipo de procesamiento |
|--|---------------------|-----------------------|
| Complejo Industrial Manuel Carlos Piar | 200 | Carbón activado |
| Complejo Industrial Domingo Sifontes | 2300 | Carbón activado |
| Planta Orizonia Siembra Minera | 400 | Carbón activado |
| Planta Sarrapia | 200 | Carbón activado |
| Planta Refimina | 200 | Carbón activado |
| La Lucha 2016, C.A. | 200 | Carbón activado |
| El Guayare C.A. | 120 | Carbón activado |
| Planta Agrominera El Llanero | 400 | Carbón activado |

Tabla 3. Capacidad de procesamiento nuevas plantas en el Arco Minero (2018-2019).

Fuente: SOSOrinoco.

Las viejas plantas de Minerven están abandonadas o paralizadas. Sobre las nuevas asumiremos que sólo funcionan las reportadas en la tabla 3 (ver la lista completa en el anexo I) y que lo hacen cercanamente a su capacidad operativa potencial. No se incluyeron en la tabla 3 a La Vanguardia (cerrada), Petroglobal y Grupo C6, cuyos datos de procesamiento potencial no pudieron ser confirmados (ver anexo I).

Asumiendo un tenor promedio para todo el material a ser tratado por las plantas nuevas de 4 gr/ton, un 90% de eficiencia del proceso, y con las plantas trabajando al 80% de sus capacidades, se debería estar logrando producir (4020 ton/día x 0.8 capacidad x 4 gr/ton rendimiento x 0,9 eficiencia) anualmente, alrededor de 3.600 kg de oro al año (3,6 toneladas). Si consideramos como cierto, que la producción anual de Venezuela es de 33,4 toneladas ², tendríamos que todas las plantas de cianuración actualmente en funcionamiento estarían aportando apenas un 10,7% de la producción nacional.

Haciendo el mismo ejercicio con los datos conocidos de la Planta Caratal (tabla 2), con una eficiencia del 70%, operando con material de un tenor promedio de 11 gr/ton (proveniente de mina Colombia), asumiendo que trabajase a un 80% de su capacidad, tendríamos: (700 x 0.8) ton x 11 gr/ton x 70% = 4312 gr de oro al día, lo que proyecta 1.574kg al año. Por tanto, una sola planta como Caratal, y con una eficiencia tan baja, no puede competir con estas nuevas plantas en su conjunto. Sin embargo, si incorporamos en la ecuación los costos de adecuación versus los de construcción, y los de operación e insumos, nos lleva a pensar que a la larga hubiese sido mejor negocio repotenciar las plantas que ya existían. Éstas tenían protocolos de funcionamiento, tenían el material garantizado en un horizonte temporal muchísimo mayor que las nuevas plantas, y en definitiva, habrían cubierto todo el espectro de la actividad minera, ofreciendo empleo y estabilidad a largo plazo a una población productiva y no sometiendo al minero a una actividad precaria que, lejos de producir, le obliga a buscar en las lagunas de cola (desechos mineros) el material de su sustento.

A todas luces, en base a esta argumentación, la estrategia implementada por el actual gobierno venezolano parece apuntar más hacia la rápida generación de recursos, y al menor costo posible, no incluyendo los costos asociados al trabajo del minero, ni los de los equipos de explotación. Además se paga al minero, sólo entre el 20% y el 25% del valor de lo recuperado en las arenas de desecho que vende a la planta, y eso sólo si las arenas resultan de muy buen tenor (≥ 4 gr/ton).

En la misma línea económica, resultan obvias las ventajas en rendimiento de la recuperación de oro, al adoptar el método de cianuración y elución con carbón activado, en contraste con el amalgamado de mercurio, o con el gravimétrico o de cementación con zinc, ninguno de los cuales es capaz de superar la recuperación de oro del material aurífero del 80% (siempre que se ajuste el proceso adecuadamente en función de las características de material de origen: su constitución, tamaño, presencia de compuestos reductores, etc). El empleo de lixiviación con carbón en pulpa (CIP) ha mostrado rendimientos de recuperación entre el 89,3 y el 91,7% (Miranda y Suarez, 1983; Mass, 2005).

Otra “ventaja” resaltada por el gobierno venezolano para promover la adopción del uso del proceso de cianuración, la del proceso “eco amigable”, no es evidente, ya que, si bien el cianuro pudiera en principio considerarse menos persistente ambientalmente que el mercurio, requiere de un cuidadoso manejo para evitar catastróficos accidentes.

En definitiva, el cianuro es la sustancia elegida a nivel mundial para la recuperación eficaz del oro de su matriz mineral; sin embargo, su manejo a gran escala requiere de la adopción de un conjunto de medidas dirigidas a la protección de las personas que lo manejan y a evitar su dispersión en el ambiente (Logsdon, *et al*, 2001; Eppers, 2014).

² Para el año 2020, según World Gold Council: <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-production-by-country>

Estas precauciones sanitarias y ambientales son necesarias en virtud de la alta reactividad del cianuro y su aún mayor toxicidad (Sacher, 2010; Ramírez, 2010). Es tal la toxicidad aguda del cianuro que es capaz de producir letalidades casi instantáneas; para una persona adulta el cianuro puede llegar a ser mortal en muy pequeñas dosis, de apenas 50 mg inhalados de cianuro de hidrógeno o la ingestión de 200 a 300 mg de cianuro de potasio (Sacher, op cit) y también puede ser absorbido por la piel. Por otra parte, su gran reactividad le hace capaz de formar cientos de compuestos, los cuales, si bien son menos tóxicos han mostrado toxicidad para organismos acuáticos y ser persistentes en el ambiente por periodos prolongados (Moran, 1999). Su acción biológica se basa en su habilidad para inhibir distintas enzimas: succinil deshidrogenasa, sueroxidodismutasa, anhidrasa carbónica, citocromo oxidasa, y otras, bloqueando la producción de ATP e induciendo la hipoxia celular. También se han reportado efectos sobre el sistema nervioso central, la tiroides y el riñón, así como se le señala capaz de producir fototoxicidad y efectos teratogénicos como encefalocele, exencefalia y anormalidades en el desarrollo de los arcos costales en animales (Chatterjee, 1995; Ramírez, 2010).

En general la intoxicación por cianuro suele ocurrir por exposición accidental (Estrada, *et al*, 2018), sin embargo y a pesar de que la literatura minera lo tilda de un compuesto seguro (Logsdon, *et al*, 2001), tal vez por no presentar un impacto negativo obvio, los riesgos de derrames obligan al establecimiento concienzudo de controles y procedimientos (Moran, 1998), como los desarrollados por la Autoridad Regional Ambiental de Arequipa como guía de buenas prácticas (Eppers, 2014) o la OMS para informar y concienciar adecuadamente a los mineros usuarios del cianuro (Petrova, 2004).

Esta previsión, no ha sido tomada en Venezuela para el acompañamiento del entusiasta uso del cianuro, lo que podría eventualmente propiciar la ocurrencia de accidentes de resultados imprevisibles, tanto para la salud de los trabajadores como del entorno. A manera de ejemplo, el pasado 12 de noviembre de 2018 el Director de Seguimiento y Control Ecomineros, Ciro Rodríguez, informó la llegada del primer “filtro de prensa” que se instalará en la comunidad de Bizkaitarra para “la eliminación de las lagunas de cola resultantes de los procesos de producción de oro”. Explicó que la supresión de las lagunas de cola no sólo representa un punto positivo en el tema ambiental para Venezuela, sino que se reflejará en el rendimiento económico, puesto que no se van a mantener las lagunas, y el alto costo que estas generen en mantenimiento disminuirá (Caraballo, 2018). Estas son unas desafortunadas declaraciones para quien debe velar por el adecuado uso de los implementos y reactivos, ya que a pesar de la eficiencia de los filtros para ahorrar el cianuro y reutilizarlo en el proceso, las colas siguen presentando concentraciones importantes que efectivamente pueden causar serios daños, más aún si por negligencia no son impermeabilizados los depósitos de colas y estos percolan al manto freático, contaminando las aguas subterráneas de las cuales se sirve la población.

Si bien no existen registros públicos de la ocurrencia de grandes accidentes en Bolívar que involucren al cianuro, Dzombak *et al.* (2006) citado por Eppers (2014), advierte sobre la existencia de más de treinta incidentes que han tenido consecuencias graves en distintas partes del mundo, particularmente en la contaminación de aguas, causando impactos transfronterizos a 2.000 km de distancia del sitio del accidente. Más aún, señala esto como una de las causas por las que el Parlamento Europeo aprobó en 2010 una resolución en contra del uso del cianuro en la minería de oro.

Cercano a Bolívar, y a nuestro especial interés en esa área, es el accidente ocurrido en el Esequibo (Zona en Reclamación) donde a finales de 1995 ocurrió un derrame de 1,25 billones de metros cúbicos de aguas cianuradas de las minas de Omai (margen occidental del río Esequibo), causando una gran mortandad de peces a lo largo de 128 km en el río Esequibo, poniendo en peligro la subsistencia de 18.000 pobladores que habitan a lo largo de sus riberas (Van Bennekom, 1994, Chatterjee, 1995).

En este sentido Eppers (2014), señala acertadamente que la ocurrencia de incidentes y la magnitud de los impactos ambientales y a la salud de la población que estos generen depende en gran medida del tipo de proceso aplicado por la industria, del tamaño de la producción, la ubicación de la planta y con seguridad de la experiencia y responsabilidad de los operadores. De manera que queda claro que si bien el uso masivo del cianuro en la Guayana venezolana parece ser menos peligroso que el uso del mercurio, esta percepción puede ser un arma de doble filo ante un manejo politizado del negocio, y negligente sobre la sustancia y los procesos en los que está involucrada.

Por otra parte, existe un elemento que se nos ha hecho imposible verificar, y es si se está realizando algún tipo de “tostado” previo a la cianuración y si en él se utiliza algún mecanismo tipo retorta, que garantice que el mercurio atrapado en las arenas previamente tratadas no sea volatilizado a través de su nuevo aprovechamiento. De no estarse tomando las previsiones necesarias el “nuevo proceso eco amigable” se convertiría en una gran bomba de mercurio hacia la atmósfera, liberando todo aquello que pudiera seguir atrapado en las arenas de cola.

Estos aspectos son importantes en virtud de la cantidad y capacidad de estas nuevas plantas. El anexo I presenta las características generales de todas las plantas de cianuración reportadas por el actual gobierno de Venezuela en el Arco Minero y cuya existencia pudo ser comprobada *in situ* o mediante ubicación con imágenes de satélite. También cotejamos contra información extraoficial sobre otras posibles plantas no reportadas. La tabla 3 muestra las capacidades de procesamiento de material aurífero. Una proporción general de alrededor de medio kilogramo de cianuro de potasio (NaCN) por tonelada de material procesado, puede dar una idea de las cantidades de cianuro involucradas en la operación. Admitiendo que las nuevas plantas pudieran estar trabajando al 100% de su capacidad, el procesamiento de 4020 ton de material al día, requerirían 2010 kg de cianuro, alrededor de 2 toneladas diarias, elevando la demanda de cianuro a 730.000 kg/año (730 ton/año).

De acuerdo al Ministerio del Poder Popular Desarrollo Minero Ecológico, “durante el año 2017, para la ejecución del plan de producción se utilizó en las plantas lo siguiente: 14,5 toneladas de carbón activado, 47 toneladas de cianuro, 165 toneladas de cal” y sólo se produjeron 326,8 kg de oro (MPP Desarrollo Minero Ecológico, 2018).

En este punto, vale la pena detenerse, pues Venezuela no produce cianuro, lo importa, por lo que el estado real de funcionamiento de las plantas (otro elemento ubicado por el gobierno detrás de una muy opaca cortina) debería reflejarse en un incremento en las importaciones de cianuro. Si bien no fue posible encontrar las cantidades de cianuro importadas por Venezuela, si fue posible recoger los fondos utilizados para su adquisición. Entre 1995 y 2020 Venezuela importó componentes de cianuro de 20 países, cambiando sus volúmenes de importación y los países de origen, de año a año. El gráfico 1 muestra la inversión realizada por Venezuela en la compra de compuestos de cianuro entre 1995 y 2020.

La ausencia de una clara correspondencia da cuenta de lo ajustado del proceso, así por ejemplo entre el 2006 y el 2016 la producción de oro parece ser completamente independiente de las importaciones de cianuro, así como lo es la producción en alza entre el 2016 y el 2018, año a partir del cual parecen comportarse en correspondencia.

A precio fijo de mercado de 1.200 US\$ por tonelada de cianuro, la adquisición del año 2020 estaría en el orden de las 3.700 toneladas, 3 mil toneladas más que las calculadas arriba en función de la capacidad nominal de las nuevas plantas de cianuración.

Esto podría ser un indicativo de la posible existencia de otras plantas que estarían funcionando pero que son muy pequeñas para ser detectadas con la metodología de esta investigación. Otra posible explicación tiene que ver con la capacidad de manejo y el ajuste de los procesos, pudiendo responder a exceso de cianuro en los lixiviados. El indicativo real para dilucidar esta situación estaría determinado por la producción real de oro de las plantas, información que no ha podido ser obtenida con certeza de su veracidad.

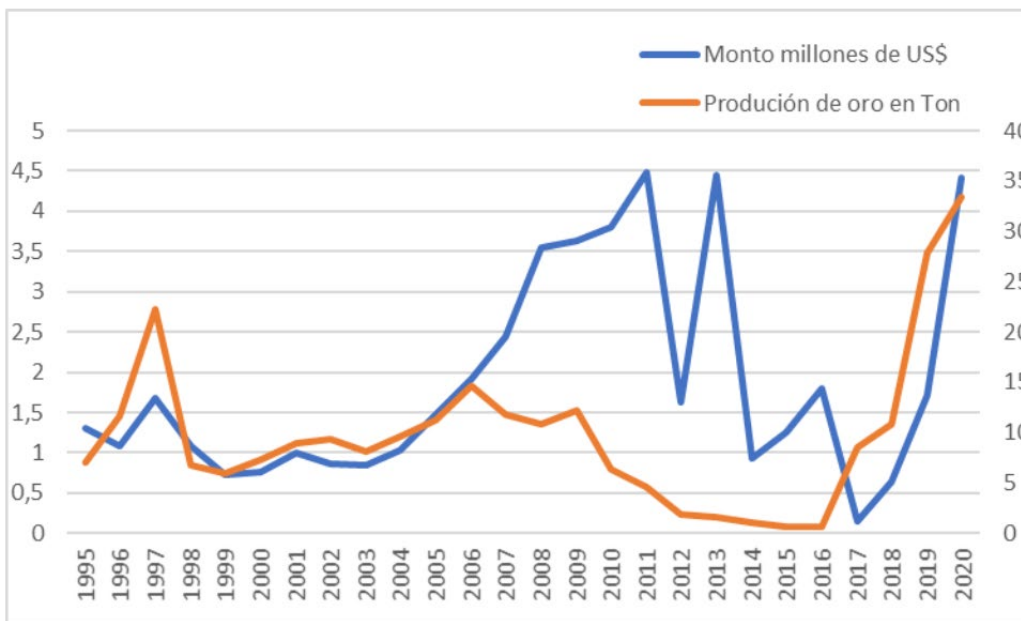


Gráfico 1. Montos invertidos en la adquisición de compuestos de cianuro por Venezuela (línea azul) y producción de oro (línea ocre).

Fuente: OEC. World (para el comercio del cianuro) y Gold.org (para la producción de oro).

Por otra parte, también podríamos estar ante una situación en la que se está produciendo más oro del reportado. No obstante, si se mantiene la misma proporción de la relación de producción, entre los actores mineros, que reporta Rodríguez (2010) en el gráfico 2, estaríamos ante el hecho de que es la pequeña minería la que en realidad está (o estaba en ese momento) determinando la mayor parte de la producción de oro en el país, y ésta no utiliza cianuro.

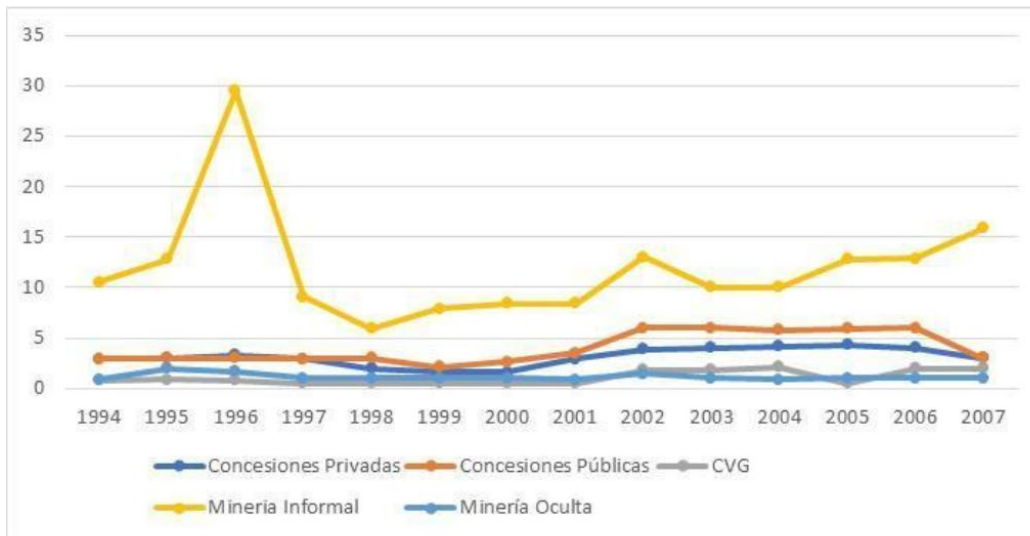


Gráfico 2. Producción de oro en Venezuela por tipo de agente.

Fuente: Tomado de Rodríguez (2010).

En esta información de Rodríguez (2010) resalta una categoría contabilizada por el Banco Central de Venezuela, difícil de interpretar, y que Rodríguez denomina “minería oculta” y que produce (para el periodo evaluado) tanta cantidad como la minería bajo la administración de MINERVEN. En todo caso de acuerdo a la tendencia del último quinquenio en esa gráfica, el control ejercido por el gobierno sobre la producción parecía estar dando resultados en ese momento, logrando canalizar la producción hacia lo que hemos denominado “núcleos de control económico”. Sin embargo, no debemos perder de vista que esos datos son anteriores al cambio radical que significó la política de Arco Minero del Orinoco.



CAPÍTULO 5

Localización de las plantas de cianuración

CAPÍTULO 5

Localización de las plantas de cianuración

Si nuestra interpretación del uso de la infraestructura industrial de procesamiento del oro es correcta, la disposición de las nuevas plantas de cianuración debe responder, a factores funcionales limitantes, entre los que obviamente resalta la disponibilidad del material mineral, y la proximidad a infraestructura de servicios fundamentales: vialidad y energía, y la existencia de centros poblados, todo lo cual constituye una estructura socioeconómica relativamente controlada y homogénea, alrededor de la actividad minera.

Bajo esta perspectiva se encuentran los “distritos mineros”, constituidos por núcleos socioeconómicos sobre los cuales se ejercería el “*control soberano y hegemónico de la cadena productiva minera*” y que, de acuerdo a nuestra interpretación, requerirían de la localización de centros de “control económico” efectivo para la actividad minera, que serían las instalaciones con plantas de cianuración. En tal sentido, al menos cuatro grandes áreas podrían ser identificadas como “distritos mineros” en toda regla: El Callao, Las Claritas, Dorado-Tumeremo y El Manteco-Guasipati.

La figura 6, muestra la localización de las plantas, evidenciándose que la disposición de ellas efectivamente respondería a la existencia de estos “distritos mineros”. Resalta la concentración de las infraestructuras de procesamiento en la zona de El Callao, que constituye la región con mayor tradición en la explotación de oro y en donde la conformación del entretejido socioeconómico en torno al mineral ya es de vieja data. Una descripción histórica de la formación de este distrito aurífero puede ser encontrada en Rodríguez (2013). La figura 7 muestra con más detalle la disposición de las plantas en el sector de El Callao.

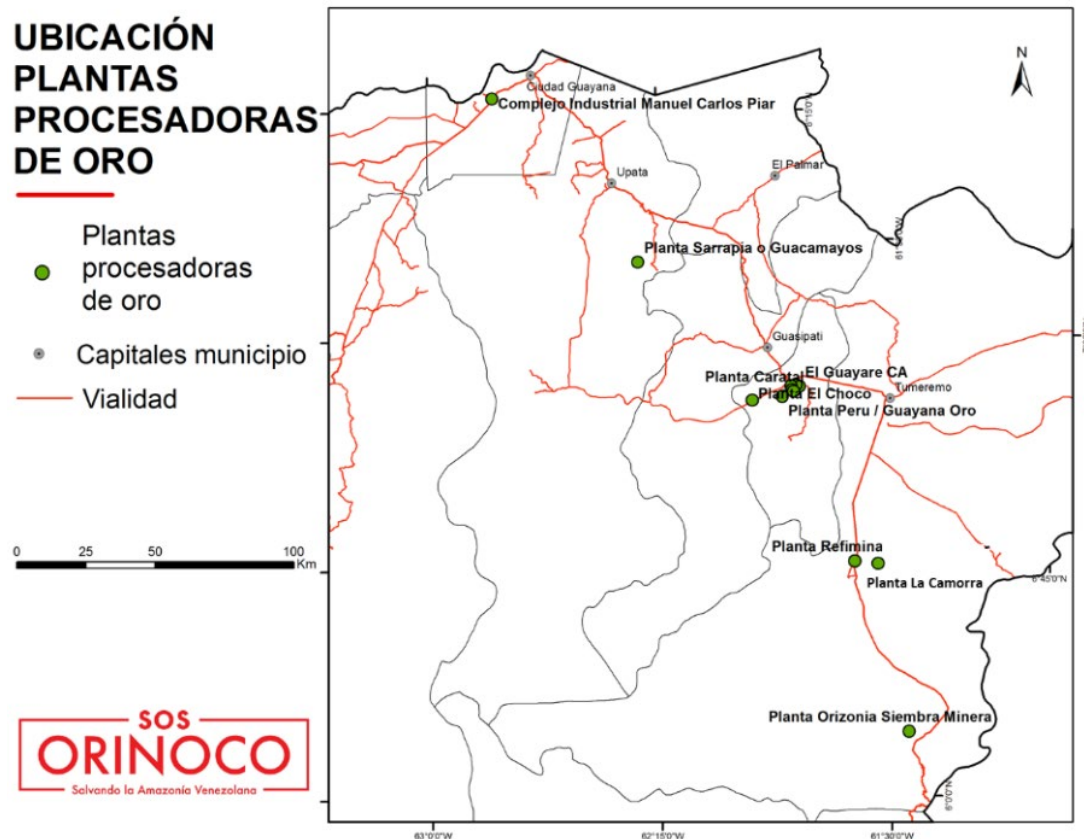
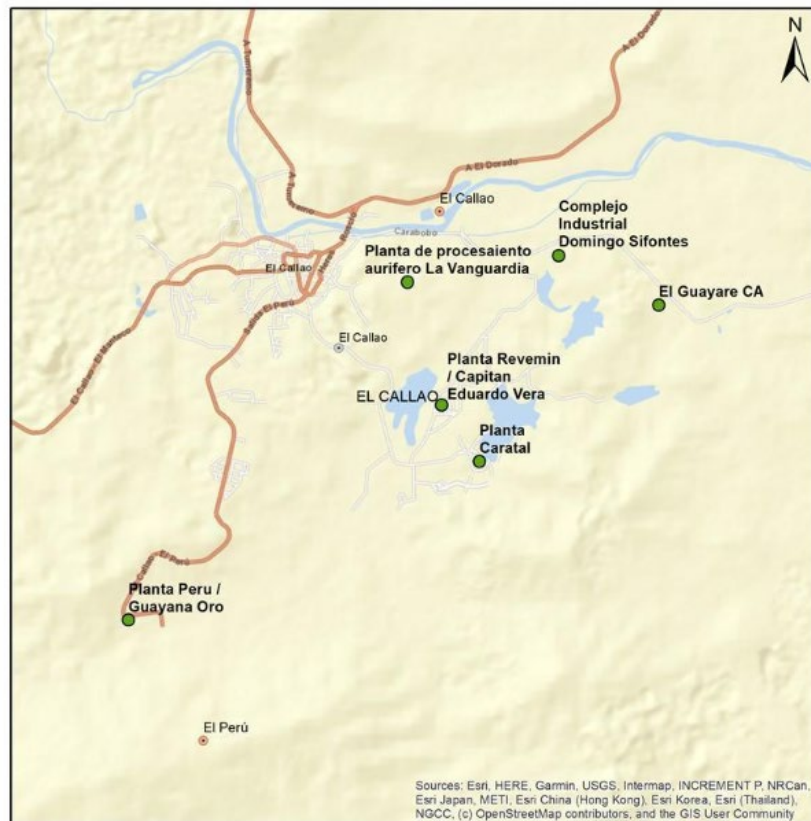


Figura 6. Localización de las plantas procesadoras de oro, en el Estado Bolívar.

Fuente: SOS Orinoco.

PLANTAS PROCESADORAS DE ORO EN EL CALLAO

- Plantas
- Capital municipio
- Poblados



0 1 2 4 Km

Figura 7. Localización de las plantas procesadoras de oro en El Callao.

Fuente: SOS Orinoco.

En general es lógico que las plantas se ubiquen con la mayor proximidad posible a las minas, de donde se extrae la materia prima, esto con fines de aminorar los costos de traslado y la logística. Un buen ejemplo de esto es la Planta Caratal ubicada para facilitar el acarreo y procesamiento del material extraído de la Mina Colombia. En tal sentido se puede establecer una relación funcional entre cada planta y sus minas correspondientes. No obstante, las nuevas plantas construidas por el gobierno en El Callao (Complejo Industrial “Domingo Sifontes”) rompe con esta relación funcional, localizándose lejos de las minas, pero cerca de la principal vía de comunicación de la región, la Troncal 10, que es la vía que comunica a Ciudad Guayana al norte con todo el sureste del estado Bolívar, hasta Santa Elena de Uairén.

La localización del resto de las plantas construidas en el marco de la política del Arco Minero (figura 6), muestra que casi todas han sido instaladas a lo largo de la Troncal 10, siendo éste uno de los factores funcionales limitantes. Debe entenderse que la existencia de esta vía de comunicación y un acceso seguro a ella constituye un elemento esencial para este modelo de minería gubernamental basado en la recolección, acopio y transporte de material aurífero previamente procesado: la Troncal 10 es para las nuevas plantas de cianuración lo que las minas eran para las viejas plantas.

Sin embargo hay una excepción apreciable representada por la Planta “La Sarrapia” o “Berakah”, ubicada en el Sector Guacamayos, del Municipio Piar y en donde el acceso a la carretera Troncal 10 no es lo importante, sino su ubicación en el distrito minero del eje El Manteco-Guasipati. La vía que interconecta El Manteco con Upata y El Callao parece haber sido el factor determinante, con lo cual se abarcaría un circuito en torno a una de las regiones auríferas con mayor actividad del estado Bolívar.

El otro elemento o factor funcional limitante lo constituye el acceso a la energía eléctrica, que es necesaria en grandes cantidades para las plantas de procesamiento. La figura 8 muestra el casi perfecto encaje entre la localización de las nuevas plantas de cianuración y el acceso cercano a la red de suministro eléctrico del estado Bolívar. Esto es indispensable para el funcionamiento continuo de las plantas, que de acuerdo a la información levantada estarían funcionando 24 horas continuas con la rotación de tres grupos de trabajo por turnos, si es que siguen el patrón de la planta “La Sarrapia”.

PLANTAS PROCESADORAS DE ORO, SISTEMA ELÉCTRICO Y CONCESIONES DE ORO EN EL ESTADO BOLÍVAR

- Plantas
- Bloques de oro propuestos

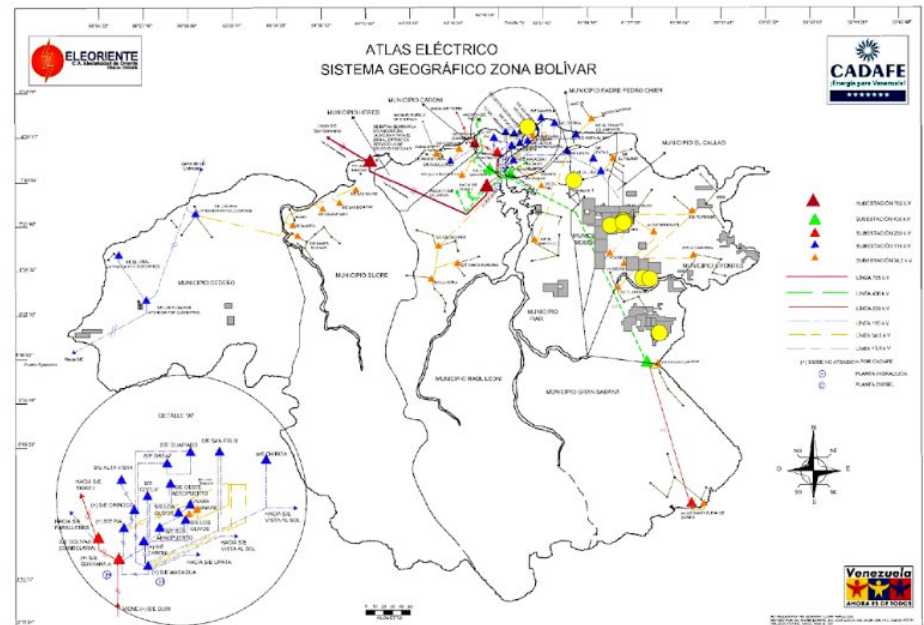


Figura 8. Localización de las plantas procesadoras con respecto a la red de distribución eléctrica en el estado Bolívar.

Fuente: SOS Orinoco.

Por otra parte, esta demanda de energía constituye uno de los severos impactos que está causando el funcionamiento de estos complejos industriales en las poblaciones cercanas, al ver disminuir enormemente la continuidad y tensión de la energía que les llega a sus hogares, así como para otras actividades económicas.

Estos factores, el acceso a las principales vías de comunicación y al sistema de transmisión y distribución eléctrica explica en gran medida la elección práctica de la localización de las nuevas plantas de procesamiento. Y por otra parte se corresponde con la hipótesis de que estos complejos industriales constituyen y funcionan como “centro de control económico” en los distintos distritos mineros.

Pero hay una excepción a este patrón, y es el Complejo Industrial “Manuel Carlos Piar”, ubicado en el sector industrial de Matanzas de Ciudad Guayana, Municipio Caroní, el cual no se corresponde con ningún distrito minero, ni con la Troncal 10, ni con proximidad a las minas, pero sí con un factor que ha pasado desapercibido: su proximidad al Orinoco.

Este complejo, prevé en su interior nueve plantas de cianuración, de las cuales sólo una ha sido construida, y que se encuentra actualmente paralizada. Su localización no obedece a una existencia ventajosa en relación a ninguno de los factores hasta ahora expuestos, lo que hace difícil explicar su ubicación en un área con una sobre-demanda de energía, producto de la confluencia de las empresas del aluminio y el acero en Matanzas. No ofrece un fácil acceso a las vías de comunicación que le permitirían recibir de forma continua material remitido desde las áreas de explotación o de recuperación de arenas pre-procesadas. Tampoco funcionaría como un

centro de control económico para la actividad minera del oro, pues sólo se encuentran cerca algunos pocos sitios de explotación ilegal en las riberas del embalse de la Central Hidroeléctrica “Antonio José de Sucre” (Macagua y las minas de las cuencas bajas de los ríos Aro y Caura están muy distantes como para pensar que la ubicación de este complejo sea estratégica).

La principal ventaja de su ubicación en la zona industrial de Matanzas lo constituye su cercanía al río Orinoco, el cual es una vía fluvial de gran importancia para el transporte. La distancia entre el complejo y el muelle o puerto de embarque de mineral de hierro y bauxita es de apenas 3,4 km, lo que haría viable utilizar la infraestructura existente para facilitar el transporte de material aurífero, sea de entrada o de salida. Hasta la fecha de este informe no poseemos evidencia del transporte de material mineral aurífero a través del Orinoco, por lo que constituye una gran incógnita las razones que llevaron a levantar esta infraestructura en ese lugar (figura 9).

LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO INDUSTRIAL “MANUEL CARLOS PIAR” Y EL MUELLE DE LA ZONA INDUSTRIAL DE MATANZAS



Figura 9. Localización del Complejo Industrial “Manuel Carlos Piar” y del Muelle de la Zona Industrial de Matanzas, Puerto Ordaz. Municipio Caroní.

Fuente: Image © 2022 Maxar Technologies.

No cabe duda de la prioridad que le está dando el actual gobierno venezolano al rápido procesamiento del material aurífero depositado en los reservorios de cola de las explotaciones mineras preexistentes. Hasta cierto punto pareciera una estrategia válida para la obtención rápida de recursos ante la grave crisis económica y social que presenta el país. No obstante, la actividad y los rendimientos hasta este momento mostrados por la estrategia gubernamental hace dudar que el plan apunte a la consolidación de la actividad minera de oro como una industria productiva, capaz de dinamizar las economías locales, regionales y mucho menos la economía nacional.

En la tabla 4 se muestran los proyectos de asociación, relacionados con la construcción y operación de plantas de cianuración, publicados por el Ministerio del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico en su página web. En ella se aprecian un total de 8 proyectos que se ejecutan en el Arco Minero y que forman parte de este informe, pero lo relevante lo constituye el horizonte temporal de las asociaciones, que en ningún caso supera los cinco años, teniendo su cumplimiento en 2022 o 2023.

| Empresa mixta / alianza | Empresa aliada | Firma | Inicio | Proyecto | Duración del proyecto |
|---|--|-------|--------|--|-----------------------|
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Glenduard | Inversiones y Representaciones Glenduard, C.A. J-40724718-2 | 2017 | 2018 | Desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 400 toneladas día de material primario, ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Guayana Oro | Corporación Guayana Oro, C.A. J-408491419 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Corporación Guayana Oro, C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 200 toneladas día de material primario, ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Grupo C6 | Servicios Mineros Grupo C6, C.A. J-40862726-4 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Servicios Mineros Grupo C6, C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 120 toneladas día de material primario, ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro La Lucha | Inversiones La Lucha 2016, C.A. J-407675524 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Inversiones La Lucha 2016, C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 200 toneladas día de material primario, ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Sarrapia | Inversiones Sarrapia, Técnicas y Procesos, C.A. J-408623161 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Inversiones Sarrapia, Técnicas y Procesos, C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 200 toneladas día de material primario, ubicada en el área 3 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Guayare | Inversiones El Guayare C.A. J-29852701-3 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Inversiones El Guayare C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 120 toneladas día de material primario ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Petroglobal | Corporación Petroglobal, C.A. J-40857535-3 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Corporación Petroglobal, C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, con capacidad para 200 toneladas día de material primario, ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |
| Planta de Hidrometalurgia por lixiviación con cianuro Refimina | Refimina, C.A. J-40857535-3 | 2017 | 2018 | Suscripción de una Alianza Estratégica mediante contrato de operaciones entre la Corporación Venezolana de Minería, S.A. y la Empresa Refimina, C.A. para el desarrollo de actividades de beneficio y transformación de arenas auríferas mediante el proceso de hidrometalurgia por lixiviación con cianuro, generando 500 Kilos de oro al año, ubicada en el municipio Sifontes, estado Bolívar, área 4 de la ZDENAMO | 5 años |

Tabla 4. Proyectos publicados por el MPP Desarrollo Minero Ecológico para la construcción de Plantas de Cianuración en el AM.

Fuente: Tomado de www.desarrollominero.gob.ve/.



CAPÍTULO 6

Una visión general del papel de las plantas de cianuración y su impacto en la región

CAPÍTULO 6

Una visión general del papel de las plantas de cianuración y su impacto en la región

Hasta la fecha 16 localidades han sido identificadas como asentamientos para estas plantas procesadoras de material aurífero (ver anexos I y II); 5 de ellas se corresponden con plantas de cianuración abandonadas, deterioradas, o cerradas que pertenecían a MINERVEN. De las 11 localidades restantes en 2 encontramos varias plantas agrupadas en forma de “complejo industrial”. En el caso del Complejo Industrial Domingo Sifontes (figura 10), debería albergar 8 plantas de procesamiento según lo declarado por el gobierno.



Figura 10. Imagen del complejo industrial “Domingo Sifontes” El Callao.

Fuente: Image © 2021 Maxar Technologies Image © 2021 CNES / Airbus Image. Google Earth.

Sin embargo, un examen de la imagen solo permite distinguir 5 Plantas de Cianuración, una al lado de la otra y un centro de acopio de material a la derecha. El complejo no muestra facilidades para la trituración por lo que seguramente trabaje únicamente con arenas o material primario previamente triturado en origen.

Una situación similar encontramos en la imagen del Complejo Industrial “Manuel Carlos Piar” (figura 11), sobre la que se anunció la construcción de 9 plantas de cianuración y en la que sólo puede observarse 1 planta.



Figura 11. Imagen del complejo Industrial “Manuel Carlos Piar”, Matanzas.

Fuente: Image © 2021 Maxar Technologies. Google Earth.

Estas inconsistencias entre la información oficial y la realidad nos alertan en torno a la veracidad del tamaño de la inversión y del número de plantas que realmente estarían siendo construidas y en operación. De acuerdo a la información que nos fue posible levantar y conciliar, existen en el estado Bolívar al menos 11 nuevas plantas de cianuración construidas por el gobierno nacional, de ellas 7 se corresponden con plantas pequeñas de capacidad de procesamiento limitada, entre 120 y 400 toneladas diarias. Las características que pudieron ser observadas señalan que fueron diseñadas para procesar principalmente

arenas de relave y carecen de equipos y facilidades para triturar el material que reciben, por lo que deben estar asociadas a otras empresas de molienda o trituración (“areneras”) o bien surtirse de proveedores de arenas de relave.

Estas plantas no pueden considerarse una contribución hacia el desarrollo de la minería como una industria productiva, ya que por su localización y funcionamiento no impulsan ni acompañan al resto de la cadena productiva de la industria. Muchas de las minas están apenas funcionando o están cerradas, con deterioro evidente en sus equipos y sin personal que las trabaje y gerencie; y si alguna está produciendo son pocas las alternativas que se le ofrecen para el procesamiento del material bajo mejores condiciones tecnológicas posibles (al contrario de lo que informa el gobierno). Dependiendo del origen del material los procesos “estandarizados” de las nuevas plantas de cianuración no parecen estar adecuados o ajustados a las exigencias del mineral específico que reciben, dando como resultado procesos de muy bajo rendimiento en relación con el tenor del material aurífero primario procesado.

Parece evidente que todo el impulso en torno a estas plantas ha estado dirigido esencialmente a la obtención rápida de recursos económicos canjeables: el oro. En este sentido se ha hecho una inversión importante y mal dirigida, que pueden pronto resultar en estructuras vacías, subutilizadas y sin mantenimiento, una vez se agoten las arenas pretratadas por la industria minera precedente.

Bajo estas circunstancias, la etiqueta de tecnologías “eco amigables”, y su introducción como sustituto del mercurio, parece una oferta engañosa, no sólo por que seguramente no se están tomando medidas para tratar previamente arenas con restos de mercurio (lo que podría significar la liberación del mismo al entorno durante el proceso) sino también por la falta de pericia mostrada en el manejo del cianuro. La no concienciación de las poblaciones cercanas a las plantas evidencia falta de responsabilidad hacia las poblaciones vecinas.

Todo apunta a que estos centros industriales tienen un objetivo fundamental, el de ser centros de control, embudos, donde la cadena productiva del oro es controlada y dirigida en función de los intereses del gobierno o de quienes controlan este sistema.



CAPÍTULO 7

¿Qué hay detrás de las plantas de cianuración?

CAPÍTULO 7

¿Qué hay detrás de las plantas de cianuración?

Al principio de esta investigación la hipótesis era que el auge en la construcción de plantas de cianuración era un indicio de que se quería incrementar sustancialmente la producción de oro, ya que este sistema recupera con mucho mayor eficiencia el oro que contiene el material mineral original, sea de mineral aluvial o rocoso. Era lógico pensar que teniendo un mejor sistema de recuperación, el cual requiere de fuertes inversiones de capital, el gobierno tenía interés en impulsarlo para así no sólo extraer más oro, sino además aprovechar los materiales de desecho de la minería aurífera predominante (pequeña y mediana minería), que emplea esencialmente mercurio como proceso de extracción. De esta forma la hipótesis plantearía un doble propósito: extraer el máximo de oro de las minas nuevas, y extraer lo que se ha dejado de extraer de las minas viejas.

Por otra parte, se podría pensar que siendo este un proceso industrial y no artesanal, podría convertirse en un factor de formalización de la economía minera, generador de empleos, que incluso podría contribuir a disminuir la minería predominante que es altamente destructiva del ambiente. Pero, también se podría pensar que, por el contrario, la masificación de la cianuración, podría hacer que se incrementase la minería aurífera predominante, a fin de generar mucha más materia prima para abastecer a más plantas de cianuración, y así extraer aún mucho más oro.

En la realidad, y luego de acometer esta investigación, tenemos claro los siguientes elementos de convicción y hechos en torno a las plantas de cianuración: a) la cantidad de arenas que se están generando en las minas no alcanzan para abastecer a todas las plantas de cianuración instaladas; b) existe una muy baja actividad de las plantas de cianuración instaladas; c) el diseño de dichas plantas no está adecuado a un tipo de materia prima específico, sino que han sido diseñadas para recibir un tipo de materia prima genérico o promedio, es decir, para recibir material de relave o arenas de cualquier mina del oriente del estado Bolívar; d) la cantidad de cianuro que está importando el país es mucho mayor que la que demandarían las plantas instaladas; e) la producción de oro nacional³ (cuya cifra real no se sabe con certeza, debido a que existe una capa de opacidad sobre esta variable), es muy superior a la que estarían produciendo las plantas de cianuración; f) las plantas no han contribuido, ni contribuirán, a fortalecer una industria minera aurífera estable de largo aliento; g) las plantas sólo están recibiendo, en su mayoría, material de relave y no material primario.

Estos hechos no fortalecen las hipótesis originalmente planteadas, y por el contrario nos llevan a plantear nuevas, que encajen con estos elementos de juicio.

En primer lugar, es posible que el verdadero negocio de las plantas haya sido simplemente su construcción, desde el momento inicial, y que no hubo una visión de negocio a largo plazo. Que las plantas funcionaran no era lo importante, sino simplemente construirlas, sin importar que su diseño fuese adecuado o no, o si sus rendimientos fuesen óptimos o no. Esto apuntaría a un deseo por obtener ganancias ilegítimas mediante contratos y comisiones, y al mismo tiempo contribuiría a establecer los “centros de control” que hemos señalado en el informe.

³ 33,4 toneladas en el año 2020. Fuente: <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-production-by-country>

El establecimiento de estos “centros” es una segunda hipótesis, que no es incompatible con ninguna otra por cierto, ya que la instalación industrial funcionaría como un embudo por donde es obligada a pasar la producción del minero, y de esta forma verificar si el minero está haciendo un aprovechamiento excesivo del mineral original. También como parte de este control, sabemos que en las plantas sólo compran material vendido por personas que tengan contratos o alianzas con el gobierno.

Una tercera hipótesis, es que algunas instalaciones, y específicamente la del complejo Manuel Piar, estarían sirviendo sólo como centros de acopio para la exportación de materia prima con contenido aurífero. Esta última hipótesis no es descabellada, ya que las fuentes locales hablan con mucha insistencia de la exportación de material crudo, aunque la explicación que se da es por la venta de casiterita y por las tierras raras, más no por el oro. En tal sentido, es posible que exista un tráfico de exportación de material mineral crudo, que bien podría contener material de relaves, con contenido de muchas especies minerales además del oro, y en tal sentido estar abasteciendo una demanda por oro, otros metales (cobre, plata), casiterita, tierras raras y otros minerales. También la exportación de materia prima contentiva de bauxita y mineral de hierro, cabría dentro de esta hipótesis. Esta hipótesis tendría como foco central el puerto de Matanzas, y el tráfico de buques vía río Orinoco hacia el Atlántico, y por supuesto implicaría un tráfico inusual de camiones acarreamo materiales hacia el complejo Piar. Hasta la fecha no hemos podido constatar ésto.

Haber explorado el tema de las plantas de cianuración ha abierto una nueva veta de investigación que nos indica lo intrincado, complejo y estratégico que es el tema minero para el régimen de Maduro. Desentrañar la maraña del sistema minero aurífero venezolano es esencial para poder proponer un mejor funcionamiento del Estado venezolano, no sólo en términos ambientales, sino en todas las dimensiones de gobierno. El régimen de Maduro ha demostrado ser capaz de crear e implementar mecanismos altamente retorcidos y eficaces para hacerse del control de las riquezas del país, y paralelamente ejercer un efectivo control social.



Bibliografía

Bibliografía

Ahumada S., D.A. 2019. Procedimiento de lixiviación en minerales oxidados con alto porcentaje de arcillas. Tesis Técnico Universitario en Minería y Metalurgia. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, 97 pp.

Álvarez G., R. 2005. Aplicación de sistemas pasivos para el tratamiento de soluciones residuales de procesos de cianuración en minería de oro. Tesis Doctoral. Departamento de Explotación y Prospección de Minas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. Universidad de Oviedo. Oviedo, 2005. 330 pp.

Angove, J. 2005. Metallurgical testwork: Gold processing options, physical ore properties and cyanide management. In: M.D. Adams (Edit). 2005. Advances in gold ore processing. Developments in mineral processing 15. Elsevier B.V. Amsterdam, 2005. Chapter 4. Pp:97-108.

Berrio Serrano, G. 2015. Evolución de la minería aurífera en el municipio El Callao, Estado Bolívar. Guayana Moderna N° 10:168-180.

Caraballo, B. 2018. Motor Minero integra nueva tecnología de bajo impacto a procesos de producción. Prensa Digital MippCI/Prensa Minería. 13 nov 2018.

Chatterjee, Pratap 1997. "Poverty drives poor to dredge the Amazon for gold" 15 de febrero newsdesk@igc.apc.org (1995) "Backers og. Gold mine have history of disaster" 31 de Agosto pchatterjee@igc.apc.org

CIADI (Centro Internacional de Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones).2016. Laudo en el Caso de un Arbitraje en virtud del reglamento del MC del CIADI entre RUSORO MINING LIMITED (Demandante) y LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (Demandada). Caso CIADI N.º ARB(AF)/12/5. 22 de agosto de 2016 Washington, D.C. 210 pp.

Cipriani N., A. 2022. Producción de cianuro de sodio. Tesis Ingeniería Química. Facultad Regional Villa María. Universidad Tecnológica Nacional. Córdoba, Argentina. 243 pp.

Eppers, O. 2014. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas de la pequeña minería y minería artesanal que utilizan Cianuro. Autoridad Regional Ambiental de Arequipa. Agencia de Cooperación Alemana, Arequipa, junio 2014. 35 pp.

Gasca Torres, J.A. 2016. Carbón activado de carácter básico para recuperar oro de lixiviados cianurados". Tesis para optar al título de Maestro en Ciencias Aplicadas en la opción de: Ciencias Ambientales. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. San Luis Potosí, S.L.P. México, Marzo 2016. 108 pp.

Gaviria C., A.C. y L.A. Meza S. 2006. Análisis de alternativas para la degradación del cianuro en efluentes líquidos y sólidos del Municipio de Segovia, Antioquia y en la Planta de Beneficio de la Empresa Mineros Nacionales, Municipio de Marmato, Caldas. Dyna, Año 73, Nro. 149, pp. 31-44.

- González R., J. 2017. Planta de producción de ácido cianhídrico. Tesis Ingeniería Química. Escola Tecnica Superior de Enxeñaría. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, septiembre 2017. 510 pp.
- Habashi, F. 2005. Gold – An historical introduction. In: M.D. Adams (Edit). 2005. Advances in gold ore processing. Developments in mineral processing 15. Elsevier B.V. Amsterdam, 2005. Pp: xxv – xlii.
- Heredia A., Y. E. y W. A. Zapata Q. 2015. Estudio para el montaje y puesta en marcha de una planta para el beneficio del mineral de oro en la Zona de Reserva Especial Minera del Municipio de Quinchía Risaralda. Tesis presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Mecánica. Pereira. Colombia. Febrero de 2015. 185 pp.
- Herrera C., J. M. 2017. Cuantificación de caudales que ingresan en los niveles 1 y 4 de la mina Colombia, MINERVEN, El Callao, Estado Bolívar, Venezuela. Informe de Pasantía, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas, septiembre de 2017. 78 pp.
- Kappes, D.W. 2005. Heap leaching of gold and silver ores. In: M.D. Adams (Edit). 2005. Advances in gold ore processing. Developments in mineral processing 15. Elsevier B.V. Amsterdam, 2005. Chapter 19. Pp:456-478.
- Lanz D., S. 2016. Las venas abiertas de Venezuela: el caso de la minería aurífera de Guayana. <https://www.aporrea.org/tiburon/a225149.html>
- Lozada, J. 2016. Una visión histórica de la minería de oro en la Guayana Venezolana. Technical Report. https://www.researchgate.net/publication/308063372_Una_vision_historica_de_la_mineria_de_oro_en_la_Guayana_Venezolana?ev=prf_pub.
- Logsdon, M.J., K. Hagelstein, T.I. Mudder. 2001. El Manejo del Cianuro en la Extracción de Oro. Traducido de la publicación en inglés titulada The Management of Cyanide in Gold Extraction. Traducción al español: Ana María Paonessa Primera impresión de la publicación en español, Abril de 2001 CONSEJO INTERNACIONAL DE METALES Y MEDIO AMBIENTE. (ICME). Ottawa, Ontario CANADA. 47 pp.
- Mamani Q., E.D. 2015. Estudio de investigación para el procesamiento de minerales auríferos de la franja minera aurífera Nazca. Tesis Ingeniería Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica. Facultad de Ingeniería de Procesos Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, 2015. 108 pp
- Mann, Horace T. 1909. “The history and the development of the cyanide industry” (1909). Masters Theses. 4678. https://scholarsmine.mst.edu/masters_theses/4678
- Mas, M. A., Aguirre, F. L., & Amaya, G. 2005. Evaluación de los Procesos de Lixiviación por Agitación Convencional y Carbón en Pulpa en la Hidrometalurgia del Oro. Información tecnológica,16(5), 27-33.
- Millán V., B. A. 2015. Estudio de la competitividad minera en el estado Bolívar. Universidad Católica Andrés Bello. Centro de Investigaciones para la Educación, la Productividad y la Vida. Julio, 2015. 227 pp.

- Ministerio del Poder Popular para Desarrollo Minero Ecológico. 2017. Plan Sectorial Minero 2019-2025. Caracas. 106 pp
- Ministerio del Poder Popular para Desarrollo Minero Ecológico. 2018. Memoria 2017. Caracas, 2018. 335 pp.
- Miranda C., S. y J. Suarez G. de C. 1983. Cianuración del mineral de oro en El Callao. Latin American Journal of Metallurgy and Materials, 3(2):118-132.
- Moran, R.E. 1998. Cyanide Uncertainties: Mineral Policy Center Issue Paper No.1, Washington D.C., 16 pp.
- Moran, R.E. 1999. El cianuro en la minería: algunas observaciones sobre la química, toxicidad y análisis de aguas asociadas con la minería. Documento elaborado para la invitación en Asia Central: Ecología 99. Lago Issyk Kul, Kirguistán; Fundación Soros. Junio 1999. 23 pp.
- Morante C., F., L.G. Santos S., J. Guerrero B., V. Ramos C., J. Montalvan T. 2005. Cianuración por agitación para la disolución de oro de las menas de Ponce Enriquez (Provincia del Azuay-Ecuador). XXI Encuentro de Tratamiento de Minerales y Metalurgia Extractiva (XXI ENTMME): 109-114. Natal/RN, Brazil, noviembre de 2005.
- OECD. Observatorio de Complejidad Económica. <https://oec.world/es>.
- Olivo Chacín, B. 2007. Geografía de la minería. GeoVenezuela. Tomo 4 Medio humano, establecimientos y actividades. Capítulo 29. págs.: 28-149. Fundación Empresas Polar, Caracas. Venezuela.
- Paülo G.C., A.R.P. 2006 Evolución histórica de la minería venezolana desde la precolonia hasta nuestros días. Presentación en I Congreso Internacional de Minería y Metalurgia en el contexto de la historia de la humanidad. Pasado, Presente y Futuro. Mequinenza 6-9, julio 2006. P-05, pp.:069-076
- Petrova S., F. 2004. Cianuro y cianuros de hidrógeno: aspectos de la salud humana. Documento internacional conciso de evaluación química 61 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Organización Internacional del Trabajo. Organización Mundial de la Salud. Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de los Productos Químicos. Ginebra, 2004.
- Piret, N. y B. Shoukry. 1990. Informe técnico en relación al impacto ambiental que puede originar la instalación de plantas de procesamiento de minerales de oro. Asesoramiento técnico a la Dirección de Minería y Geología (DINAMIGE). Montevideo, Uruguay. 1990. 191 pp.
- Poblete P., R. A. 2019. "Lixiviación cianurada de mineral de oro en columnas a nivel de Planta piloto. Memoria de Titulación en Ingeniero Civil de Minas. Universidad Técnica Federico Santa María. Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, Santiago, Chile. Mayo 2019. 185 pp.
- PROVEA. Programa Venezolano de Educación-Acción en Derechos Humanos. 2016. Decreto del Arco Minero suspende garantías constitucionales en 12,2% del territorio venezolano. <https://www.civilisac.org/alertas/provea-decreto-del-arco-minero-suspende-garantias-constitucionales-en-122-del-territorio-venezolano>.

- Ramírez, A.V. 2010. Toxicidad del cianuro. Investigación bibliográfica de sus efectos animales y en el hombre. An Fac med, 71(1):54-61.
- Ramírez Cabello, M. 2013. Denuncian “plan orquestado” para deteriorar a Minerven. Correo del Caroní. Marzo 20, 2013. Disponible en: <https://www.lapatilla.com/2013/03/20/denuncian-plan-orquestado-para-deteriorar-a-minerven/>
- Reuters. 2011. Venezolana CVG Minerven baja su producción de oro a 1,7 toneladas. (18 de mayo de 2011.) <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/venezolana-cvg-minerven-baja-su-produccion-de-oro-17-toneladas>
- Rodríguez, J.A. 2007. La geografía del poblamiento de la Venezuela hispánica. GeoVenezuela. Tomo 1 La geografía histórica del poblamiento territorial venezolano. La tropicalidad venezolana. Capítulo 3. págs.: 212-253. Fundación Empresas Polar, Caracas. Venezuela.
- Rodríguez M., A. 2013. La formación del Distrito Aurífero de El Callao y el otorgamiento de las primeras concesiones en minería de oro en Venezuela siglo XIX. <http://saber.ucv.ve/jspui/handle/123456789/4549>
- Rodríguez M, A. 2014. El colapso del Callao: la crisis de la producción aurífera en Guayana a fines del siglo XIX. Tiempo y Espacio. N° 62: 187-202.
- Rojas M. L.O. 2014. Propuesta de un sistema integrado de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad laboral en la empresa MINERVEN. Tesis. Especialista en Sistemas de Calidad. Área de Ciencias Administrativas y de Gestión. Postgrado en Sistemas de Calidad. Universidad Católica Andrés Bello. Puerto Ordaz, diciembre 2014. 169 pp.
- Ryan, A., E. Johanson and D. Rogers. 2005. Feasibility study plant design. In: M.D. Adams (Edit). 2005. Advances in gold ore processing. Developments in mineral processing 15. Elsevier B.V. Amsterdam, 2005. Chapter 6. Pp:123-153.
- Sacher, W. 2010. Cianuro, la cara tóxica del oro. Introducción al uso del cianuro en la explotación del oro. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, OCMAL contra el uso del cianuro en la minería en América Latina. Quito, Ecuador, noviembre de 2010. 70 pp.
- Sarti, R., 2010. Tema sobre El Callao: Un Tributo A Nuestro Pueblo. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/253330664/Libro-Completo-Temas-Sobre-El-Callao-Ricardo-SartiEl-Callao>
- SOSOrinoco. 2021. Caracterización y Análisis de Algunas Variables Socioambientales Clave en el Arco Minero Del Orinoco. https://sosorinoco.org/wp-content/uploads/2021/03/27.03.21_informe-sig_v1.pdf
- Stauton, W.P. 2005. Carbon in pulp. In: M.D. Adams (Edit). 2005. Advances in gold ore processing. Developments in mineral processing 15. Elsevier B.V. Amsterdam, 2005. Chapter 23. Pp:562-587.
- Terán M., E. 2021. La minería depredadora en Venezuela: Arco Minero del Orinoco, economías de enclave y Plan Minero Nacional. Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (WRM). Boletín 254. 11 marzo 2021.

Torres, I. 1997. The Mineral Industry of Venezuela. In U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 1997. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.

Torres, F., O.E. Moreno, A.S. Tua, G., Rodríguez y J.P. Moreno. 2018. Modelos para la lixiviación en pilas de oro por cianuración. Revisión. XIV Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales. 17, 18 y 19 de octubre de 2018. San Fernando del Valle de Catamarca. Pp:562-572.

Universidad Nacional de Jujuy. 2012. La minería y el cianuro. Recopilación. Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Minas. San Salvador de Jujuy. Argentina. Julio 2012. 169 pp.

Van Bennekon, Sander, 1996. "Mining in Tropical Forest" IUCN

Van der Merwe, P.F. 1991. Fundamentals of the elution of gold cyanide from activated carbon. Tesis Doctoral en Ingeniería. Universidad de Stellenbosch. Ciudad del Cabo, junio de 1991. Sudáfrica. 475 pp.

Venezuela, República de. 1991. Decreto No 1470 por el que se dispone que queda prohibido el uso de mercurio en las operaciones de extracción y preparación del mineral aurífero, tanto en operaciones en tierra como en balsas. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 34763 de fecha 26 de julio de 1991. Caracas, Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2014. Decreto No 1.395 con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica que Reserva al Estado las Actividades de Exploración y Explotación de Oro, así como las Conexas y Auxiliares a estas, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 6.150. Extraordinario de fecha 18 de noviembre de 2014. Caracas. Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2015a. Resolución Conjunta N° 090 y N° 15-06-01 de fecha 18 de junio de 2015, mediante la cual se establece que a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución, las personas, sociedades o formas de asociación que desarrollen actividades de exploración y explotación de oro en áreas destinadas a las actividades mineras en el territorio nacional, deberán vender al Banco Central de Venezuela, todo el material aurífero obtenido con ocasión de dicha actividad, con sus aleaciones metálicas de carácter no contaminante y en cualquiera de sus presentaciones, a través de los Centros que establezca al efecto ese Instituto. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 40.692 de fecha 30 de junio de 2015. Caracas. Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2015b. Decreto N° 2.165, mediante el cual se dicta el Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica que Reserva al Estado las Actividades de Exploración y Explotación del Oro y demás Minerales Estratégicos. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 6.210. Extraordinario de fecha 30 de diciembre de 2015. Caracas. Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2016a. Decreto 2231, mediante el cual se autoriza la creación de una Empresa del Estado, bajo la forma de Compañía Anónima, que se denominará Compañía Anónima Militar de Industrias, Mineras, Petrolíferas y de Gas (CAMIMPEG), la cual estará adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Defensa. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 40845 de fecha 10 de febrero de 2016. Caracas. Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2016b. Decreto N° 2.248, mediante el cual se crea la Zona de Desarrollo Estratégico Nacional “Arco Minero del Orinoco”. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 40.855. del 24 de febrero de 2016. Caracas. Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2016c Decreto No. 2350. mediante el cual se crea el Ministerio del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico como ente rector de la actividad minera en el país. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 40922 de fecha 09 de junio de 2016. Caracas, Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2016d. Decreto N° 2.412 mediante el cual se prohíbe el uso, tenencia, almacenamiento y transporte del Mercurio (Hg) como método de obtención o tratamiento del oro y cualquier otro mineral metálico o no metálico, en todas las etapas de la actividad minera que se desarrollen en el Territorio Nacional. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 40960 de fecha 5 de agosto de 2016. Caracas Venezuela.

Venezuela, República Bolivariana de. 2016e. Decreto N° 2.245, mediante el cual se ordena la creación de la Oficina Nacional de Fiscalización e Inspección Minera, órgano desconcentrado, adscrito al Ministerio del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico, con capacidad de gestión presupuestaria, administrativa y financiera. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 40975 de fecha 26 de agosto de 2016.

Venezuela, República Bolivariana de. 2020. Decreto N° 4.182, mediante el cual se otorga el carácter de servicio desconcentrado sin personalidad jurídica a la Oficina Nacional de Fiscalización e Inspección Minera (ONAFIM) cuya denominación será Servicio Nacional de Fiscalización e Inspección Minera (SENAFIM) con capacidad de gestión presupuestaria, administrativa y financiera adscrita al Ministerio del Poder Popular de Desarrollo Minero Ecológico. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No.41856 de fecha 7 de abril de 2020. Caracas. Venezuela.

Vrotnesky A., C. Z. 2001. Implementación de nuevos patrones de perforación y voladura en Mina Colombia, CVG MINERVEN, El Callao, Estado Bolívar. Tesis de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 187 pp.

World Gold Council -Gold Industry & Corporate. <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-production-by-country>

Zabaleta A., G. 1999. El oro: comercio, obtención y aplicaciones. Anales de la Real Sociedad Española de Química, No. 4: 5-12.



Anexos

Anexos

Anexo I | Base de Datos de las Plantas de Cianuración

Acceder [aquí](#)

Anexo II | Fichas Técnicas de las Plantas de Cianuración

Acceder [aquí](#)

Anexo III | Información complementaria

Venezuela

Las actividades mineras en el país y particularmente al sur del Orinoco han tenido un desarrollo lento en general, si se quiere a saltos y definitivamente desigual en la promoción de la inversión, la exploración y la explotación de cada mineral. Esto ha marcado de forma sustancial las características del desarrollo minero y el grado de industrialización, así como, su contribución en la economía y sociedad venezolana en general y guayanesa en particular.

Los inicios de la minería al sur del Orinoco en el siglo XVIII respondieron inicialmente a la búsqueda de oro como principal impulsor, no sólo de la actividad misma, sino del poblamiento de la región, indispensable para lograr una efectiva explotación y control del territorio y sus riquezas. Esto a su vez dio origen a actividades mineras distintas a la aurífera y centradas inicialmente en la explotación de materiales de construcción (áridos, arenas y piedras) y luego del hierro para las forjas de herramientas introducidas por los clérigos evangelizadores (Rodríguez, 2007).

En Venezuela, se introdujo la tecnología de cianuración entre 1928 y 1936, por medio de la New Goldfield de Venezuela en El Callao, llegando a contar con una planta de cianuración y flotación, con una capacidad de molienda y procesamiento de 600 toneladas por mes (Millán, 2015; Berrio Serrano, 2021).

Lixiviación con cianuro

El conocimiento de las sales de cianuro se remonta a más 300 años atrás. Su comienzo puede fijarse en el descubrimiento accidental realizado en Berlín por el alquimista alemán Johann Conrad Dippel (1673-1734) del pigmento conocido como Azul de Berlín o Azul de Prusia en la literatura inglesa (Habashi, 2005). La primera mención del Azul de Prusia es realizada por Dusbach ese mismo año, a pesar de no haber conocido su composición. Alrededor de 1750 Macquer encuentra que es ferrocianuro de potasio, y luego Scheele descubrió el cianuro de potasio, pero no es sino hasta 1815 que Gay Lussac determina la composición del radical CN y el ácido cianhídrico HCN (Mann, 1909).

La capacidad de estas sales en solución para diluir el oro y la plata se conoce desde hace más de 200 años. El primer trabajo bien documentado fueron los estudios del químico sueco Carl Wilhelm Scheele sobre la solubilidad del oro en soluciones de cianuro que datan de 1783 (Logsdon, *et al*, 2001). No obstante, este conocimiento no sería usado hasta 1840 cuando Elkington descubrió que el cianuro de potasio con la ayuda de la electricidad disolvería el oro, patentando su descubrimiento ese mismo año. Si bien advierte, que el crédito por ser el primero en poner la solución de oro en cianuro en uso comercial fue el Dr. Wright de Birmingham. Inglaterra, quien parece haber usado galvanoplastia ya en 1840 (Mann, *op cit*).

En 1843, mientras investigaba el proceso patentado de Elkington's el príncipe ruso P. Bragation publicó un artículo en el cual afirmó que el oro es soluble en cianuro de potasio, que cuanto más fino es el oro de teja, más rápida es su disolución, que la corriente eléctrica no ayudó a la solución en modo alguno, mientras que el calor fue de gran beneficio. Así mismo, estableció que la corriente eléctrica no era necesaria para la precipitación de oro sobre superficies metálicas y que la solución de oro en cianuro de potasio es acelerada por la presencia del aire; aspectos estos que luego serían considerados como principios del proceso de lixiviación (Gasca Torres, 2016).

El año siguiente, 1844. Elsner afirmó que el oro era soluble en cianuro de potasio y que la disolución del metal se debe al oxígeno absorbido del aire. Pero no da a conocer su ecuación hasta 1866. Entre tanto, un conjunto de innovaciones en el proceso serían producidas y patentadas, principalmente en Estados Unidos de Norteamérica e Inglaterra. En 1861 se registró una patente a nombre de Julio F. Rae. de Syracuse, Nueva York, para el tratamiento de auríferos y minerales argentíferos por cianuro de potasio. Su método era triturar el mineral y luego tratarlo con cianuro de potasio ayudado por electricidad y agitación, precipitando el oro por electricidad, y si bien el método nunca se utilizó, está en línea con las prácticas actuales en las plantas de cianuración. En los siguientes 25 años, tres patentes más habían sido registradas en Norteamérica, no obstante, en 1886 se registró una patente a nombre de Jerome W., que sería muy importante en lo adelante para la separación del oro y la plata de sus minerales. El método era moler el mineral hasta convertirlo en polvo de mayor o menor finura, y luego tratar el mineral con una mezcla de aproximadamente la siguiente composición: una libra de Cianuro de Potasio (KCN), una onza de Carbonato de Amonio (NH₄)₂CO₃, media onza de sal NaCl, y 16 cuartos de agua (H₂O), que bajo agitación y reposo precipitaba los metales al colocarlos en una hoja de zinc; también establecía que de estar ausente la plata del mineral, podía ser omitida la sal en la mezcla. No obstante, la introducción de zinc en el proceso para lograr la precipitación del oro y la plata provenía de la Patente Inglesa otorgada a A.P. Price en 1884. Un año más tarde, en 1887, McArthur y Forrest obtuvieron su patente inglesa y la estadounidense en 1889, ambas para la extracción de oro y plata de sus minerales por una solución de cianuro de potasio que no contuviera más de ocho partes de cianuro (CN) por mil y algún tiempo después se les concedió una patente sobre la precipitación de oro y plata a partir de soluciones de cianuro por la incorporación de Zinc, preferiblemente en condiciones filiformes, y en el uso de álcali cáustico para

neutralizar el ácido en el mineral. Para 1893, fueron introducidos al proceso la agitación y el uso de filtro de presión; en 1896 se introdujo el proceso de decantación y ya para 1898 la molienda de tubos y el filtro-prensado se utilizaron en los campos de oro australianos (Mann, 1909).

En paralelo, el químico alemán Guido Bodländer (1855-1904) en la Universidad de Breslau (hoy Wrocław en Polonia) en 1896, confirmó que el oxígeno era necesario para la disolución del oro según lo reclamado por Elsner y Faraday, hecho que fue puesto en duda por MacArthur quien descubrió que se formaba peróxido de hidrógeno como producto intermedio durante la disolución del oro (Habashi, 2005)

En 1893 fueron introducidos al proceso la agitación y el uso de filtro de presión; en 1896 se introdujo el proceso de decantación y en 1898 la molienda de tubos y filtro-prensado en los campos de oro australianos. Por otra parte, entre 1903 y 1905 fueron introducidos y patentados tres dispositivos de succión o filtros de vacío. En 1904, el proceso se volvió más eficiente cuando Charles W. Merrill- introdujo el polvo de zinc y mejoró aún más cuando Thomas B. Crowe eliminó aire de la solución pasándolo a través de un tanque de vacío antes de introducir el zinc. Esta nueva técnica, desarrollada en los EE. UU., más tarde se conoció como el proceso Merrill-Crowe (Habashi, 2005). Este proceso se inicia con la clarificación de la solución rica proveniente de los procesos previos de lixiviación, pasando luego a la torre desoxigenadora, o torre de vacío, donde se retira el oxígeno disuelto de la solución de manera mecánica mediante la creación de vacío, para luego adicionar el polvo de zinc y después es pasada por filtros prensa de donde se obtiene el precipitado de oro y plata, El precipitado será posteriormente fundido en un horno de retorta donde se extrae el mercurio (si el mineral utilizado constituía material previamente amalgamado) y es mezclado con fundentes, para posteriormente ser llevado a los hornos de inducción donde se funde para separar los valores de oro y plata de otros metales base y el producto final llamado “Doré” es vertido en moldes para formar barras.

Procesos industriales

La primera planta de cianuración para el tratamiento de un mineral de oro se construyó en 1887, en Nueva Zelanda, distrito de Karangahake, por Cassel Gold Extraction Co. (Mann, 1909) y desde entonces han proliferado por todo el mundo. Hoy día, el cianuro sigue siendo el reactivo universal por excelencia para la recuperación del oro (Morante *et al*, 2005, Universidad Nacional de Jujuy, 2012).

La primera planta en Sudáfrica fue construida por Butters, en 1890, para tratar los relaves de la mina Robinson en Johannesburgo; mientras que la primera planta construida en los Estados Unidos data de 1891 (Mann, 1909). En Venezuela, se introdujo esta tecnología entre 1928 y 1936, por medio de la New Goldfield de Venezuela en El Callao, llegando a contar con una planta de cianuración y flotación, con una capacidad de molienda y procesamiento de 600 toneladas por mes (Millán, 2015; Berrio Serrano, 2021).

Los principales métodos de lixiviación con cianuro existentes, y en uso hoy, se basan en lograr un balance económico favorable, ante el conjunto de variables identificadas, pudiendo distinguirse los siguientes:

- **Lixiviación *in situ*:** Consiste en la aplicación de la solución lixivante directamente sobre el mineral en el yacimiento y se deja reaccionar por largos periodos de tiempo, luego del cual se recupera la solución cargada para iniciar el proceso de recuperación. Tiene la ventaja de ahorrarse las labores de extracción, transporte y trituración del material, pero requiere que este último sea lo suficientemente poroso para permitir la dilución. Puede ser gravitacional o forzada (Ahumada, 2019; Poblete, 2019).
- **Lixiviación en botaderos (dump):** Se trata de tratamiento con solución lixivante de material de baja ley que ha sido descartado y/o de material de descarte de lixivitaciones previas que debido al aumento de los precios del oro pudieran justificar su tratamiento. Suele utilizarse aspersores o goteo, donde la recolección de la solución cargada se realiza por gravedad en piscinas para luego ser enviadas a la planta de recuperación. Se caracteriza por llevarse a cabo en ciclos muy largos y recuperaciones bajas entre el 40 y 60% (Ahumada, 2019; Poblete, 2019).
- **Lixiviación en bateas inundadas (vat leaching):** Consiste en agregar la solución cianurada al mineral previamente triturado y aglomerado, acumulado en recipientes o pozos de concreto o impermeabilizados (“bateas”) colocadas en cadena para hacer recircular la solución cargada, concentrándola antes de ser recogida del fondo, y llevada a la planta de recuperación. Por lo general el ciclo de lixiviación es más rápido que los anteriores, entre 6 y 12 días (Mamani, 2015; Poblete, 2019).
- **Lixiviación en pilas:** Consiste en la preparación de “pilas” de entre tres y ocho metros de altura, sobre un sustrato impermeable protegido por un recubrimiento de polietileno y con cañerías de drenaje en la base de las pilas para la recolección de la solución cargada drenada de la pila. Las pilas pueden ser dinámicas (son removidas y llevadas a botadero luego de la lixiviación) o “permanentes” (las pilas se superponen, colocando una nueva sobre la anterior, en ajuste al tamaño de las instalaciones. Requiere de trituración previa del mineral y del uso de técnicas de aglomeración, por lo general utilizando solución cianurada, cal y cemento con el fin de favorecer la disolución. Permite tratar grandes tonelajes de minerales, entre 300 y 1000 ton/día, utilizando sistemas de transporte, carga y apilado lo que lo hace un proceso de bajo costo en comparación con el uso de plantas de cianuración con lixiviación por agitación. La solución rica es recogida y trasladada a la planta de recuperación (Torres, *et al.*, 2018; Poblete, 2019).